

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 44 45 552 A 1

⑳ Aktenzeichen: P 44 45 552.6  
㉑ Anmeldetag: 20. 12. 94  
㉒ Offenlegungstag: 29. 6. 95

⑤ Int. Cl. 6:  
G 01 B 11/14  
G 01 C 3/22  
G 02 B 26/10  
G 05 B 19/19  
G 09 G 3/08  
H 02 K 11/00  
// (G 01 C 11/30, G 01 B  
103:40) B 23 Q 17/20

DE 44 45 552 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
22.12.93 JP 5-325464 05.10.94 JP 6-241599

⑦1 Anmelder:  
Matsushita Electric Works, Ltd., Kadoma, Osaka, JP

⑦4 Vertreter:  
Strehl, P., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.;  
Schübel-Hopf, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Groening,  
H., Dipl.-Ing.; Lang, G., Dipl.-Phys., 80538 München;  
Rasch, M., Dipl.-Ing. Univ., 80689 München; Frhr. von  
Brandis, H., Dipl.-Phys. Univ., Pat.-Anwälte, 80538  
München

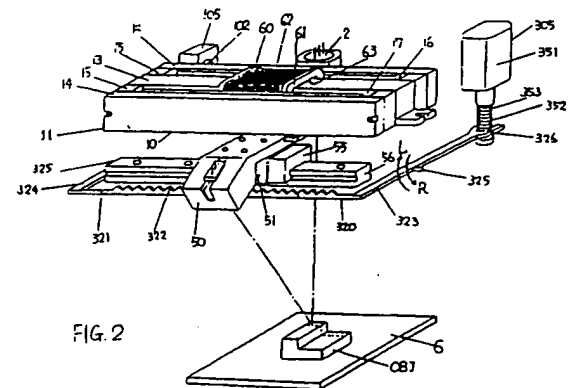
⑦2 Erfinder:  
Hirono, Atsuyuki, Kobe, Hyogo, JP; Ito, Takayasu,  
Yao, Osaka, JP; Hashimoto, Takeshi, Nishinomiya,  
Hyogo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Optisch abtastender Detektor

⑤7 In einem optisch abtastenden Verschiebungsdetektor zum Ermitteln der Kontur eines Objekts weist der Detektor eine Lichtprojektionseinheit (2) zum Abstrahlen eines Lichtstrahls auf das Objekt (OBJ), eine Lichtempfangseinheit (3) zum Empfangen des vom Objekt reflektierten Lichtstrahls zum Ausgeben eines Objektpositionssignals, und eine Abstandsermittlungseinheit auf, um den Abstand zwischen der Projektionseinheit und dem Objekt abhängig vom Objektpositionssignal zu ermitteln. Die Lichtprojektionseinheit und die Empfangseinheit sind an einem Schlitten (50) befestigt, der verstellbar an einem Rahmen angebracht ist. Der Schlitten kann unter Verwendung eines Elektromotors wie eines Schwingspule-Linearmotors (10) in Abrasterrichtung verstellt werden, um einen Lichtstrahl über das Objekt zu rastern.

Da dieser Detektor keinen Abraster-Spiegel zum Ablenken eines Lichtstrahls verwendet, kann die Kontur eines Objekts mit verbesserter Meßgenauigkeit ermittelt werden, da die Bildung von Totzonen vermieden ist, in die der Lichtstrahl während des Abrasterbetriebs nicht hineinstrahlen kann. Der Detektor weist auch einen Schlittenpositionssensor zum Ermitteln der Position des Schlittens in Abrasterrichtung sowie eine Schutzeinheit zum Erfassen eines ungewöhnlichen Betriebs des Motors auf, um ein Stoppsignal zu erzeugen und um die Zufuhr elektrischen Stroms zum Motor auf das Stoppsignal hin zu beenden.



DE 44 45 552 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 05. 95 508 026/664

34/33

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen optisch abtastenden Detektor zum Ermitteln der Kontur eines Objekts.

Zum Ermitteln der Kontur eines Objekts durch optische Messung offenbart das US-Patent 4,864,147 einen optisch abtastenden Detektor 1P unter Verwendung eines Triangulationsverfahrens. Wie in Fig. 35 dargestellt, weist der Sensor 1P eine Lichtprojektionseinheit 2P zum Einstrahlen eines Lichtstrahls auf ein zu erfassendes Objekt OBJ, eine Lichtempfangseinheit 3P zum Empfangen diffus vom Objekt reflektierten Lichts zum Erzeugen eines Positionsausgangssignals und eine (nicht dargestellte) Abstandsermittlungseinheit zum Ermitteln des senkrechten Abstands zwischen dem Objekt OBJ und der Projektionseinheit 2P abhängig vom Positionssignal auf. Die Lichtprojektionseinheit 2P ist mit einem Lichtemissionselement 10P wie einem Halbleiterlaser, einer lichtemittierenden Diode oder dergleichen, einer ersten Fokussierlinse 11P und einem Abrasterspiegel 12P zum Ablenken des vom Lichtemissionselement 10P gelieferten Lichtstrahls zum Durchrastern des Lichtstrahls über das Objekt OBJ versehen. Die Lichtempfangseinheit 3P ist mit einer zweiten Fokussierlinse 21P und einem eindimensionalen Positionserfassungselement 22P wie einer PSD versehen.

Jedoch treten die folgenden Schwierigkeiten auf, wenn ein Lichtstrahl unter Verwendung des Abrasterspiegels 12P über ein Objekt OBJ mit dem in Fig. 36 dargestellten Querschnitt gerastert wird:

- 1) Da der Lichtstrahl in einem Ablenkpunkt M auf dem Abrasterspiegel 12P abgelenkt wird, um den Lichtstrahl über das Objekt OBJ zu rastern, fällt der abgelenkte Lichtstrahl unter einem Neigungswinkel auf die Oberfläche des Objekts, mit Ausnahme einer speziellen Position R der Oberfläche des Objekts, die gerade unter dem Ablenkpunkt M liegt. Daher existiert die erste Schwierigkeit, daß eine Totzone D innerhalb eines Abrasterbereichs auftritt, in dem der abgelenkte Lichtstrahl nicht hineingestrahlt werden kann, wie in Fig. 36 dargestellt. Wenn der Einfallswinkel  $\Phi 1$  des abgelenkten Lichtstrahls zur Objektoberfläche kleiner wird, nimmt die Totzone D zu. Im Ergebnis ist eine genaue Ermittlung der Kontur des Objekts durch die Totzone D verhindert.
- 2) Wenn zwei verschiedene Positionen (R und P1) auf der Objektoberfläche zu erfassen sind, die um einen senkrechten Abstand d vom Abrasterspiegel 12P entfernt sind, wie in Fig. 36 dargestellt, entsteht die zweite Schwierigkeit, daß sich die Fläche eines ersten Lichtflecks, der ausgebildet wird, wenn der Lichtstrahl unter einem Neigungswinkel  $\Phi 2$  auf die Position P1 fällt, von der Fläche eines zweiten Lichtflecks Verschieden ist, der ausgebildet wird, wenn der Lichtstrahl auf die Position R unter dem rechten Winkel  $\Phi 3$  fällt. Der Flächenunterschied zwischen dem ersten und zweiten Lichtfleck wächst proportional zur Differenz zwischen den Winkeln  $\Phi 2$  und  $\Phi 3$  an. Daher ist es schwierig, die Kontur des Objekts mit konstanter Meßgenauigkeit zu ermitteln, wenn der Abrasterbereich zunimmt.
- 3) Die Lichtempfangseinheit 3P verwendet ein eindimensionales Positionserfassungselement 22P, auf dem das reflektierte Licht mittels der zweiten Fokussierlinse 21P einen gebündelten Lichtfleck erzeugt. Das Erfassungselement 20P ist so in der

Empfangseinheit 3P angeordnet, daß der gebündelte Lichtfleck in der Längsrichtung Q des Erfassungselements 22P von einer Position S1 zu einer Position S3 verstellt werden kann, wenn sich der Abstand zwischen der Lichtprojektionseinheit 2P und dem Objekt OBJ von einem Abstand d1 auf einen Abstand d3 ändert, wie in Fig. 37 dargestellt. Wenn der Lichtstrahl in Abrasterrichtung mittels des Abrasterspiegels 12P über das Objekt gerastert wird, bewegt sich der gebündelte Lichtfleck auf dem Erfassungselement 22P rechtwinklig zur Längsrichtung Q. Daher existiert die dritte Schwierigkeit, daß der maximale Abrasterbereich des Verschiebungssensors 1P durch die effektive Breite des Erfassungselements 22P beschränkt ist.

Um die vorstehend genannten Schwierigkeiten zu überwinden, ist es eine Hauptaufgabe der Erfindung, einen optisch abtastenden Detektor zu schaffen, der einfach aufgebaut ist, aber dennoch die Kontur eines Objekts genau erfassen kann.

Der erfindungsgemäße Detektor ist durch die Lehre von Anspruch 1 gegeben. Er zeichnet sich durch die Verwendung einer Abrastereinheit aus, die einen Schlitten, der Lichtprojektions- und Empfangseinheiten trägt, in Abrasterrichtung verstellen kann, um einen Lichtstrahl über das Objekt zu rastern, wie er von der Lichtprojektionseinheit erzeugt wird.

D. h., daß es sich um einen Verschiebungsdetektor handelt, der eine Lichtprojektionseinheit, eine Lichtempfangseinheit zum Empfangen von vom Objekt reflektiertem Licht zum Ausgeben eines Objektpositionssignals, eine Abstandsermittlungseinheit zum Ermitteln des Abstands zwischen dem Objekt und der Lichtprojektionseinheit abhängig vom Positionssignal sowie die erfindungsgemäße Abrastereinheit aufweist. Der Schlitten wird verstellbar an einem Rahmen gehalten. Die Abrastereinheit verwendet einen Elektromotor zum Verstellen des Schlittens in Abrasterrichtung. Unter Verwendung der Abrastereinheit können mittels der Erfindung die folgenden Vorteile erzielt werden:

- 1) Die Abrastereinheit kann für eine Parallelverstellung des Lichtstrahls in Abrasterrichtung sorgen, um den Lichtstrahl über das Objekt zu rastern. Insbesondere dann, wenn der Lichtstrahl im wesentlichen rechtwinklig auf das Objekt gestrahlt wird, kann die Ausbildung einer Totzone wirkungsvoll verhindert werden.
- 2) Da der die Lichtprojektions- und Empfangseinheiten aufnehmende Schlitten in Abrasterrichtung verstellt wird, um einen Lichtstrahl über ein Objekt zu rastern, ist es möglich, einen Abrastervorgang trotz erheblicher Größe eines Objekts auszuführen. D. h., daß die Abrastereinheit einen großen Abrasterbereich schaffen kann.
- 3) Wenn zwei verschiedene Positionen auf einer ebenen Fläche des Objekts zu erfassen sind, die vom Schlitten um einen bestimmten Abstand entfernt sind, ist die Fläche eines ersten Lichtflecks, wie er ausgebildet wird, wenn ein Lichtstrahl auf eine der Positionen fällt, im wesentlichen dieselbe wie diejenige eines zweiten Lichtflecks, wie er gebildet wird, wenn der Lichtstrahl auf die andere Position fällt. Dies bedeutet, daß der Verschiebungsdetektor für verbesserte Meßgenauigkeit im Vergleich zur Verwendung eines Abrasterspiegels zum Ablenken eines Lichtstrahls zum Durchrastern

eines Lichtstrahls über das Objekt sorgen kann.

Demgemäß kann, da das Abrastern des Lichtstrahls bei der erfindungsgemäßen Abrastereinheit ohne Verwendung eines Abrasterspiegels ausgeführt wird, der Verschiebungsdetektor die Kontur eines Objekts mit verbesserter Meßgenauigkeit ermitteln, während die Ausbildung einer Totzone verhindert ist.

Bei der Erfindung ist es bevorzugt, einen Schwingspule-Linear motor als Elektromotor zu verwenden.

Beim erfindungsgemäßen Verschiebungssensor ist es bevorzugt, da der Schlitten in Abrasterrichtung zusammen mit den Lichtprojektions- und Empfangseinheiten verstellt wird, die teure und präzise Ausrüstungen sind, daß der Verschiebungsdetektor eine Schutzeinheit aufweist, um ungewöhnlichen Betrieb des Motors zu erkennen, um ein Stoppsignal zu erzeugen und den Abrastervorgang anzuhalten, z. B. durch Einstellen der elektrischen Stromversorgung für den Motor in Abhängigkeit vom Stoppsignal. Z. B. verfügt die Schutzeinheit über eine Stromüberwachungseinrichtung zum Überwachen des dem Motor zugeführten elektrischen Stroms, einen Komparator zum Erzeugen des Stoppsignals, wenn die Stromstärke und das zeitliche Differential der Stromstärke einen Schwellenwert übersteigt, und einen Trennschalter zum Unterbrechen der Stromzuführung für den Motor auf das Stoppsignal hin. Daher ist es möglich, eine Motorstörung zu vermeiden, wie sie durch die Zuführung von übermäßig viel elektrischem Strom zum Motor hervorgerufen wird. Insbesondere dann, wenn der Verschiebungsdetektor einen Schlittenpositionssensor zum Messen der Position des Schlittens in Abrasterrichtung aufweist, ist es bevorzugt, daß die Schutzeinheit auch einen Komparator aufweist, der das Stoppsignal erzeugt, wenn die Position des Schlittens, wie vom Schlittenpositionssensor gemeldet, einen vorgegebenen Durchrasterbereich des Schlittens überschreitet.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der Schlittenpositionssensor einen am Schlitten angebrachten Spiegel, eine zusätzliche Lichtprojektionseinheit zum Abstrahlen eines Sensorlichtstrahls in Abrasterrichtung zum Spiegel hin, eine zusätzliche Lichtempfangseinheit zum Empfangen des vom Spiegel reflektierten Lichts zum Erzeugen eines Schlittenpositionssignals sowie eine Schlittenposition-Ermittlungseinheit zum Ermitteln der Schlittenposition abhängig vom Schlittenpositionssignal auf. Die zusätzliche Projektionseinheit und die zusätzliche Empfangseinheit sind am Rahmen befestigt.

Es ist auch bevorzugt, daß der Verschiebungsdetektor eine Eingangseinheit zum Eingeben von Abrasterparametern und eine Schlittensteuereinheit aufweist, um den Motor abhängig von der Abweichung zwischen der Istposition des Schlittens, wie vom Schlittenpositionssensor gemeldet, und der Sollposition des Schlittens, wie durch die Abrasterparameter festgelegt, und abhängig von den Werten der ersten und zweiten zeitlichen Ableitung der Meßposition zu regeln, um dadurch für genauen Abrasterbetrieb entsprechend der Abrasterparameter zu sorgen.

Um jede unkontrollierbare Bewegung des Schlittens zu verhindern, wie sie durch Trägheitskraft des Schlittens hervorgerufen wird, wenn die Versorgung elektrischer Energie an den Verschiebungsdetektor zufällig während des Abrastervorgangs angehalten wird, ist es bevorzugt, daß der Verschiebungsdetektor eine Schlittenverriegelungseinheit aufweist. Z. B. ist die Verriegelungseinheit mit einem gezackten Teil mit mehreren

dreieckigen Kerben ausgebildet, die in Abrasterrichtung angeordnet sind, wobei ein dreieckiger Haken am Schlitten vorhanden ist. Wenn die Versorgung mit elektrischer Energie endet, greifen die Haken in die Kerben ein, um den Schlitten in einer Verriegelungsposition am gezackten Teil zu halten. Daher ist es möglich, einen ungewollten Zusammenstoß zwischen dem Schlitten und dem Rahmen zu verhindern. In diesem Fall ist es auch bevorzugt, daß der Verschiebungsdetektor eine Schlittenposition-Rückstelleinheit zum Verstellen des Schlittens ausgehend von der Verriegelungsposition in eine Abraster-Startposition mit relativ niedriger Geschwindigkeit, wenn die Versorgung mit elektrischer Energie für den Verschiebungsdetektor wieder aufgenommen wird, aufweist.

Die vorstehenden und andere Aufgaben, charakteristische Merkmale und Vorteile der Erfindung werden dem Fachmann aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele deutlich, wie sie in den beigefügten Zeichnungen veranschaulicht sind.

Fig. 1 ist eine Signalverarbeitungseinheit eines optisch abtastenden Verschiebungsdetektors gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht des Verschiebungsdetektors;

Fig. 3 ist eine perspektivische Explosionsansicht des Verschiebungsdetektors;

Fig. 4 veranschaulicht das Magnetfeld eines Schwingspule-Linear motors am Verschiebungsdetektor;

Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht zum Veranschaulichen eines Abrastermechanismus für Lichtprojektions- und Empfangseinheiten bei der Erfindung;

Fig. 6 ist eine Signalverarbeitungseinheit, wie sie im Verschiebungsdetektor verwendet wird;

Fig. 7 ist eine perspektivische Ansicht, die einen Mechanismus eines Schlittenpositionssensors bei der Erfindung veranschaulicht;

Fig. 8 ist eine Signalverarbeitungseinheit, wie sie im Positionssensor verwendet wird;

Fig. 9 ist ein Blockdiagramm einer Schlittensteuereinheit beim Verschiebungsdetektor des ersten Ausführungsbeispiels;

Fig. 10 bis 15 sind Blockdiagramme einer ersten bis sechsten Schutzeinheit bei der Erfindung;

Fig. 16 ist ein Blockdiagramm einer Schlittenverriegelungseinheit bei der Erfindung;

Fig. 17 veranschaulicht Zeitsteuerdiagramme für die Verriegelungseinheit;

Fig. 18 ist ein Blockdiagramm einer Schlittenposition-Rückstelleinheit bei der Erfindung;

Fig. 19 veranschaulicht Zeitsteuerdiagramme für die Rückstelleinheit;

Fig. 20 bis 22 sind Blockdiagramme zum Veranschaulichen einer ersten bis dritten Modifizierung der Schlittensteuereinheit beim ersten bis dritten Ausführungsbeispiel;

Fig. 23A und 23B zeigen Modifizierungen der Schlittenverriegelungseinheit beim ersten Ausführungsbeispiel;

Fig. 24 ist eine perspektivische Ansicht eines optisch abtastenden Verschiebungsdetektors unter Verwendung eines Codierers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 25 zeigt einen Mechanismus eines linearen Schrittmotors, wie er im optisch abtastenden Verschiebungsdetektor des dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung verwendet wird;

Fig. 26 ist eine perspektivische Ansicht einer Schlittenversteleinrichtung, wie sie bei einem optisch abtastenden Verschiebungsdetektor gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet wird;

Fig. 27 ist eine Signalverarbeitungseinheit, wie sie beim Verschiebungsdetektor gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel verwendet wird;

Fig. 28 zeigt einen Mechanismus einer Schlittenversteleinrichtung, wie bei einem optisch abtastenden Verschiebungsdetektor gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet;

Fig. 29 ist eine perspektivische Ansicht, die einen Mechanismus eines Schlittenpositionssensors veranschaulicht, wie er bei einem optisch abtastenden Verschiebungsdetektor gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet wird;

Fig. 30 veranschaulicht ein Verfahren zum Ermitteln der Position des Schlittens in Abrasterrichtung beim sechsten Ausführungsbeispiel;

Fig. 31 ist eine perspektivische Ansicht zum Veranschaulichen des Mechanismus eines Schlittenpositionssensors, wie er in einem optisch abtastenden Verschiebungsdetektor gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet wird;

Fig. 32 veranschaulicht ein Verfahren zum Ermitteln der Position des Schlittens in Abrasterrichtung beim siebten Ausführungsbeispiel;

Fig. 33 ist ein Blockdiagramm des Schlittenpositionssensors beim siebten Ausführungsbeispiel;

Fig. 34 ist eine perspektivische Ansicht des Verschiebungsdetektors beim siebten Ausführungsbeispiel;

Fig. 35 ist eine perspektivische Ansicht zum Veranschaulichen eines Mechanismus eines optisch abtastenden Verschiebungssensors im Stand der Technik;

Fig. 36 ist ein schematisches Diagramm, das dazu verwendet wird, ein erstes und zweites Problem beim bekannten Verschiebungssensor zu erläutern; und

Fig. 37 ist ein schematisches Diagramm, das dazu verwendet wird, ein drittes Problem beim bekannten Verschiebungssensor zu erläutern.

Jeder der optisch abtastenden Verschiebungsdetektoren, wie sie in den folgenden Ausführungsbeispielen erläutert werden, verwendet ein Triangulationsverfahren zum Ermitteln des Abstands zwischen einer Lichtprojektionseinheit zum Einstrahlen eines Lichtstrahls und einem zu erfassenden Objekt. Jedoch ist es auch möglich, ein Heterodyninterferenzverfahren zu verwenden, das dadurch gekennzeichnet ist, daß der Lichtstrahl in einen auf das Objekt gerichteten Objektlichtstrahl und einen Bezugslichtstrahl unterteilt wird und der Abstand zwischen der Lichtprojektionseinheit und dem Objekt abhängig von der Differenz zwischen dem vom Objekt reflektierten Licht und dem Bezugslicht, das einem vorgegebenen Lichtpfad folgte, ermittelt wird. Das heißt, daß ein Verfahren, bei dem ein auf ein Objekt gerichteter Lichtstrahl und ein vom Objekt reflektierter Lichtstrahl zum Ermitteln des Abstands beim erfindungsge-  
mäßigen Verschiebungsdetektor verwendet werden kann.

#### < Erstes Ausführungsbeispiel >

Unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 19 wird nun ein optisch abtastender Verschiebungsdetektor 1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert. Wie in Fig. 1 dargestellt, weist der Verschiebungsdetektor 1 folgendes auf: eine Lichtprojektionseinheit 2 zum Abstrahlen eines Lichtstrahls auf ein zu erfassendes Objekt OBJ, eine Lichtempfangseinheit 3 zum Empfangen

des vom Objekt reflektierten Lichts zum Ausgeben eines Objektpositionssignals, eine Abstandsermittlungseinheit 4 zum Ermitteln des Abstands zwischen dem Objekt OBJ und der Projektionseinheit 2 abhängig vom Projektionssignal, einen Schlitten 50, der die Projektions- und die Empfangseinheit (2 und 3) trägt, und einen Schwingspule-Linearmotor 10 zum Verstellen des Schlittens 50 in einer Abrasterrichtung zum Abrastern des Lichtstrahls über das Objekt OBJ.

Der Linearmotor 10 ist mit einem stationären Rahmen 11 und einer beweglichen Spule 60 ausgebildet, die vom stationären Rahmen 11 beweglich gehalten wird. Der stationäre Rahmen 11 ist mit einem mittleren Joch 13, einem Paar seitlicher Joche 14, Abstandshaltern 15 und zwei Permanentmagnetplatten 16 versehen. Das mittlere Joch 13 ist so zwischen den seitlichen Jochen 14 angeordnet, daß die Längsachse des mittleren Jochs 13 parallel zu den Längsachsen der seitlichen Joche 14 steht. Das mittlere Joch 13 ist von den seitlichen Jochen 14 durch die Abstandshalter 15 in solcher Weise beabstandet, daß ein Paar Verstellzwischenräume 17 zwischen dem mittleren Joch 13 und den seitlichen Jochen 14 ausgebildet ist, damit die bewegliche Spule 60 in Längsrichtung des mittleren Jochs 13 verstellt werden kann, wie in den Fig. 2 und 3 dargestellt. Die bewegliche Spule 60 besteht aus einem Spulenhalter 61 mit einer Anzahl von Wicklungen eines Drahts 62. Die bewegliche Spule 60 wird vom stationären Rahmen 11 in solcher Weise beweglich gehalten, daß das mittlere Joch 13 durch ein Durchgangsloch 63 im Spulenhalter 61 geht. Die Querschnittsfläche des mittleren Jochs 13 entlang einer Linie zu dessen Längsachse ist doppelt so groß wie die Querschnittsfläche der seitlichen Joche 14. Jede der Magnetplatten 16 ist an derjenigen Fläche eines seitlichen Jochs 14 befestigt, die dem mittleren Joch 13 zugewandt ist. Die Magnetpole der Magnetplatte 16 befinden sich auf derjenigen Fläche derselben, die dem seitlichen Joch 14 zugewandt ist, sowie auf derjenigen Fläche derselben, die dem mittleren Joch 13 zugewandt ist. Die Oberflächen der dem mittleren Joch 13 zugewandten Magnete 16 verfügen über denselben Magnetpol. Der Spulenhalter 61 besteht aus Aluminium oder einem Kunststoff. Wenn der Spulenhalter 61 aus Aluminium besteht, ist auf ihm ein Isolierfilm ausgebildet, um für eine elektrische Isolierung zum Draht 62 zu sorgen, und es ist auch ein (nicht dargestellter) Schlitz in ihm ausgebildet, um das Auftreten von Wirbelströmen wegen des Betriebs der beweglichen Spule 60 zu verhindern.

Wenn z. B. die dem mittleren Joch 13 zugewandten Oberflächen der Magnetplatten 16 einen Nordpol (N) tragen, sind um die Magnetplatten 16 herum Magnetkraftlinien ausgebildet, wie sie in Fig. 4 dargestellt sind. Die Magnetkraftlinien gehen durch die bewegliche Spule 60 zwischen dem mittleren Joch 13 und den Magnetplatten 16. Wenn an die bewegliche Spule 60 ein Gleichstrom angelegt wird, erfährt sie eine Kraft F, die durch die folgende Gleichung wiedergegeben ist:

$$F = B \times I \times L_w,$$

wobei I die elektrische Stromstärke ist, B die magnetische Flußdichte ist und  $L_w$  die Länge des Drahts 62 der beweglichen Spule 60 ist. Die bewegliche Spule 60 kann durch die Kraft F in Längsrichtung des mittleren Jochs 13 verstellt werden. Die Verstellrichtung der beweglichen Spule 60 kann dadurch umgekehrt werden, daß die Richtung des ihr zugeführten elektrischen Stroms umgeschaltet wird.

Der die Lichtprojektions- und Empfangseinheit (2 und 3) aufnehmende Schlitten 50 ist unter Verwendung von Schrauben 64 an der beweglichen Spule 60 befestigt. Der Schlitten 50 ist auch unter Verwendung von Schrauben 57 an einem Gleitstück 55 befestigt. Das Gleitstück 55 greift verschiebbar in eine Führungsschiene 56 ein, die sich parallel zum mittleren Joch 13 erstreckt. Anstelle des Gleitstücks 55 und der Führungsschiene 56 ist es möglich, ein lineares Kugellager, ein lineares Walzenlager oder dergleichen zu verwenden.

Die Lichtprojektionseinheit 2 weist ein lichtemittierendes Element 23 wie einen Halbleiterlaser, eine Halbleiterlumineszenzdiode oder dergleichen, einen Oszillator 20 zum Liefern eines Taktimpulses, einen Modulator 21 zum Erzeugen eines Modulationssignals auf den Taktimpuls hin sowie eine Projektionsschaltung 22 zum Umsetzen des Modulationssignals in ein Treibersignal zum Projizieren des Lichtstrahls vom emittierenden Element 23 auf, wie in Fig. 6 dargestellt. Die zeitliche Steuerung der Projektion des Lichtstrahls wird abhängig von dem vom Oszillator 20 gelieferten Taktimpuls bestimmt. Der Lichtstrahl wird durch eine erste Fokussierlinse 24 in im wesentlichen senkrechter Richtung auf einen stationären Tisch 6 gestrahlt, der zum Anordnen des Objekts OBJ verwendet wird, wie in Fig. 5 dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist auf dem Tisch 6 ein rechtwinkliges Koordinatensystem mit einer X- und einer Y-Achse definiert.

In der Lichtempfangseinheit 3 wird das vom Objekt OBJ diffus reflektierte Licht durch eine zweite Fokussierlinse 30 gebündelt, um auf einem Lichtempfangselement 31 wie einer PSD einen gebündelten Lichtfleck S zu erzeugen. Das Empfangselement 31 gibt ein Paar elektrischer Stromsignale Ia und Ib aus, die die Position des gebündelten Lichtflecks S anzeigen. In der Abstandsermittlungseinheit 4 werden die elektrischen Stromsignale durch I/V-Umsetzer 41a und 41b in elektrische Spannungssignale Va und Vb umgesetzt. Die elektrischen Spannungssignale werden über Hochpaßfilter 42a und 42b Diskriminatoren 43a und 43b für Erkennungszwecke synchron mit dem Taktimpuls vom Oszillator 20 zugeführt. Wie in Fig. 6 dargestellt, werden die Spannungssignale von den Diskriminatoren 43a und 43b über Tiefpaßfilter 44a und 44b an einen Addierer 45 und einen Subtrahierer 46 geliefert, um die Addition und Subtraktion gemäß  $V_a + V_b$ ,  $V_a - V_b$  auszuführen, und dann gelangen sie an einen Dividierer 47 zum Ausführen der Operation  $(V_a - V_b)/(V_a + V_b)$ , und schließlich gelangen sie an einen A/D-Umsetzer 48 zum Erzielen des Objektpositionssignals, das den Abstand zwischen dem Objekt OBJ und der Projektionseinheit 2 anzeigt.

Der Verschiebungsdetektor 1 weist auch einen Schlittenpositionssensor 100 zum Messen der Position des Schlittens 50, wenn die bewegliche Spule 60 in Längsrichtung (nachfolgend als Abrasterrichtung) des mittleren Jochs 13 verstellt wird, auf. Wie in Fig. 7 dargestellt, weist der Schlittenpositionssensor 100 einen am Schlitten 50 angebrachten Spiegel 101, eine zusätzliche Lichtprojektionseinheit 102 zum Abstrahlen eines Sensorlichtstrahls auf den Spiegel 101, eine zusätzliche Lichtempfangseinheit 103 zum Empfangen des vom Spiegel 101 reflektierten Lichts zum Erzeugen eines Schlittenpositionssignals sowie eine Schlittenposition-Ermittlungseinheit 104 zum Ermitteln der Position des Schlittens 50 in Abrasterrichtung gemäß dem Schlittenpositionssignal auf. Es ist bevorzugt, daß der Spiegel 101 aus einem keramischen Material besteht. Die zusätzliche

Projektionseinheit 102 und die zusätzliche Empfangseinheit 103 sind an einem stationären Träger 105 angebracht, der an einer (nicht dargestellten) Haltestruktur des Verschiebungsdetektors 1 befestigt ist, wie in Fig. 3 dargestellt.

Die zusätzliche Lichtprojektionseinheit 102 weist ein Lichtemissionselement 123 wie einen Halbleiterlaser, eine Halbleiter-Lumineszenzdiode oder dergleichen, einen Oszillator 120 zum Erstellen eines Taktimpulses, einen Modulator 121 zum Erzeugen eines Modulationssignals auf den Taktimpuls hin und eine Projektionsschaltung 122 zum Umsetzen des Modulationssignals in ein Treibersignal zum Projizieren des Sensorlichtstrahls vom Emissionselement 123 auf, wie in Fig. 8 dargestellt.

Die zeitliche Steuerung für das Projizieren des Sensorlichtstrahls wird abhängig vom Taktimpuls bestimmt, wie er vom Oszillator 120 geliefert wird. Der Sensorlichtstrahl wird über eine erste Fokussierlinse 124 in der Abrasterrichtung zum Spiegel 101 gestrahlt, wie in Fig. 7 dargestellt.

In der zusätzlichen Lichtempfangseinheit 103 wird ein vom Spiegel 101 zurückreflektierter Lichtstrahl durch eine zweite Fokussierlinse 103 gebündelt, um einen gebündelten Lichtfleck S' auf einem Lichtempfangselement 131 wie einer PSD zu erzeugen. Das Empfangselement 131 gibt ein Paar elektrischer Stromsignale Ic und Id aus, die die Position des gebündelten Lichtflecks S' anzeigen. In der Schlittenposition-Ermittlungseinheit 104 werden die elektrischen Stromsignale durch I/V-Umsetzer 141a und 141b in elektrische Spannungssignale Vc und Vd umgesetzt. Die elektrischen Spannungssignale werden über Hochpaßfilter 142a und 142b Diskriminatoren 143a und 143b zugeführt, um eine Erkennung synchron mit dem Taktimpuls vom Oszillator 120 auszuführen. Wie in Fig. 8 dargestellt, werden die Spannungssignale von den Diskriminatoren 143a und 143b über Tiefpaßfilter 144a und 144b an einen Addierer 145 und einen Subtrahierer 146 geliefert, um eine Addition und eine Subtraktion gemäß  $V_c + V_d$ ,  $V_c - V_d$  auszuführen, dann werden sie an einen Dividierer 147 gegeben, um die Operation  $(V_c - V_d)/(V_c + V_d)$  auszuführen, und schließlich gelangen sie an einen A/D-Umsetzer 148, um das Schlittenpositionssignal zu erhalten. Daher ist es möglich, ein Objektpositionssignal zu erzeugen, das dem Schlittenpositionssignal entspricht. Die gemessene Kontur des Objekts OBJ wird auf einer Konturanzeige 5 abhängig vom Objektpositionssignal und vom Schlittenpositionssignal dargestellt. Anstelle der vorstehend angegebenen Anordnung des Spiegels 101 und der zusätzlichen Lichtprojektions- und Empfangseinheiten 102 und 103 ist es möglich, den Spiegel 101 an der Haltestruktur zu befestigen, und den stationären Träger 105 am Schlitten 50 anzubringen.

Die Verstellung des Schlittens 50 in Abrasterrichtung kann durch eine Schlittensteuerungseinheit 7 abhängig von dem vom Schlittenpositionssensor 100 gelieferten Schlittenpositionssignal erfolgen. D. h., daß der Verschiebungsdetektor 1 auch eine Eingabeeinheit 8 zum Eingeben von Abrasterparametern sowie die Schlittensteuerungseinheit 7 zum Erzeugen eines genaueren Abrasterbetriebs des Schlittens 50 entsprechend den Abrasterparametern aufweist. Die Steuerungseinheit ist in vier Untersteuerungsabschnitte I bis IV unterteilt, wie in Fig. 9 dargestellt. Der Untersteuerungsabschnitt I weist einen ersten Subtrahierer 71 zum Erzeugen eines ersten Abweichungssignals zwischen dem Schlittenpositionssignal und einem Sollpositionssignal für den Schlitten, wie von der Eingabeeinheit 8 vorgegeben, und einen ersten

Verstärker 72 zum Verstärken des ersten Abweichungssignals auf. Als Schlittenpositions- und Sollpositionssignal kann ein Dreieckssignal, ein Rechtecksignal oder dergleichen verwendet werden. Der Untersteuerungsabschnitt 11 weist einen ersten Differenzierer 73 zum Erzeugen der ersten zeitlichen Ableitung des Sollpositionssignals sowie einen ersten Addierer 74 zum Erzeugen eines zweiten Abweichungssignals auf, das die Summe aus dem ersten Abweichungssignal vom ersten Verstärker 72 und der ersten Ableitung des Sollpositionssignals anzeigt. Der Untersteuerungsabschnitt III weist einen zweiten Differenzierer 75 zum Erzeugen der ersten zeitlichen Ableitung des Schlittenpositionssignals, einen zweiten Subtrahierer 76 zum Erzeugen eines dritten Abweichungssignals, das die Differenz zwischen dem zweiten Abweichungssignal und der ersten Ableitung des Schlittenpositionssignals anzeigt, und einen zweiten Verstärker 77 zum Verstärken des dritten Abweichungssignals auf. Der Untersteuerungsabschnitt IV weist einen dritten Differenzierer 78 zum Erzeugen der zweiten zeitlichen Ableitung des Sollpositionssignals und einen zweiten Addierer 79 zum Erzeugen eines Steuersignals auf, das die Summe aus der zweiten Ableitung und dem dritten Abweichungssignal vom zweiten Verstärker 77 anzeigt. Daher kann der Linearmotor 10 mit verringerter Ansprechzeit dadurch geregelt werden, daß elektrischer Strom abhängig vom Steuersignal an die bewegliche Spule 60 geliefert wird, um dadurch für genauen Abrasterbetrieb des Schlittens 50 entsprechend den Abrasterparametern zu sorgen.

Der Verschiebungsdetektor 1 weist auch eine erste bis dritte Schutzseinheit 201 bis 203 auf, um einen ungewöhnlichen Betrieb des Linearmotors 10 zu erfassen, um ein Stoppsignal zu erzeugen und um die Zuführung elektrischen Stroms zum Linearmotor 10 abhängig vom Stoppsignal anzuhalten. Wie in Fig. 10 dargestellt, weist die erste Schutzseinheit 201 eine Stromüberwachungseinrichtung 211 zum Überwachen des der beweglichen Spule 60 zugeführten elektrischen Stroms, einen ersten Komparator 212 zum Vergleichen der Stromstärke mit einem ersten Schwellenwert und zum Erzeugen eines ersten Stoppsignals, wenn der Wert des Stroms den ersten Schwellenwert überschreitet, und eine Schaltstufe 200 zum Ausschalten eines Motorschalters 18 zum Beenden der Stromzufuhr zur beweglichen Spule 60 auf das erste Stoppsignal hin auf. Daher ist es möglich, eine Störung des Linearmotors 10 zu verhindern, wie sie durch die Zufuhr von übermäßig viel elektrischem Strom zur beweglichen Spule 60 hervorgerufen werden könnte. Wie in Fig. 11 dargestellt, weist die Schutzseinheit 202 einen zweiten Komparator 221 zum Erzeugen eines zweiten Stoppsignals, wenn die Position des Schlittens, wie vom Schlittenpositionssensor 100 gemeldet, einen vorgegebenen Abrasterbereich für den Schlitten 50, der einen zweiten Schwellenwert kennzeichnet, überschreitet, auf. Die Zufuhr elektrischen Stroms zur beweglichen Spule 60 kann durch die Schaltstufe 200 auf das zweite Stoppsignal hin beendet werden. Wie in Fig. 12 dargestellt, weist die dritte Schutzseinheit 203 einen Sensor 231 zum Messen der Temperatur der beweglichen Spule 60 und einen dritten Komparator 232 auf, um ein drittes Stoppsignal zu erzeugen, wenn der Wert des Sensorstroms vom Sensor 231 einen dritten Schwellenwert überschreitet. Die Zufuhr elektrischen Stroms zur beweglichen Spule 60 kann durch die Schaltstufe 200 abhängig vom dritten Stoppsignal beendet werden. Daher ist es möglich, eine Überhitzung der beweglichen Spule 60 während des Abrasterbetriebs zu

verhindern.

Falls erforderlich, kann mindestens eine von einer vierten bis siebten Schutzseinheit 204 bis 206 zusätzlich verwendet werden, um einen zufälligen Ausfall des Linearmotors 10 oder der Lichtprojektionseinheit 2 oder der Empfangseinheit 3, die am Schlitten angebracht sind, zu verhindern. Wie in Fig. 13 dargestellt, weist die vierte Schutzseinheit 204 einen vierten Komparator 241 zum Vergleichen der zeitlichen Ableitung des der Stromüberwachungseinrichtung 211 zugeführten elektrischen Stroms mit einem vierten Schwellenwert auf, um ein viertes Stoppsignal zu erzeugen, wenn die Ableitung den vierten Schwellenwert überschreitet. Die Zufuhr elektrischen Stroms zur beweglichen Spule 60 kann durch die Schaltstufe 200 auf das vierte Stoppsignal hin beendet werden. Wie in Fig. 14 dargestellt, weist die fünfte Schutzseinheit 205 einen Stoßsensor 251 zum Erfassen von Schwingungen oder Stößen, wie sie auf den Schlitten 50 wirken, und einen fünften Komparator 252 zum Erzeugen eines fünften Stoppsignals, wenn der Wert des Sensorstroms vom Stoßsensor 251 einen fünften Schwellenwert überschreitet, aus. Die Versorgung elektrischen Stroms zur beweglichen Spule 60 kann durch die Schaltstufe 200 auf das fünfte Stoppsignal hin beendet werden. Wie in Fig. 15 dargestellt, weist die sechste Schutzseinheit 206 einen sechsten Komparator 261 zum Vergleichen des Werts des ersten, vom ersten Subtrahierer 71 gelieferten Abweichungssignals mit einem ersten Schwellenwert auf, um ein sechstes Stoppsignal zu erzeugen, wenn der Wert den sechsten Schwellenwert überschreitet. Die Versorgung elektrischen Stroms zur beweglichen Spule 60 kann durch die Schaltstufe 200 auf das sechste Stoppsignal hin beendet werden. Die siebte (nicht dargestellte) Schutzseinheit weist einen Hilfssensor zum Überwachen der Position des Schlittens 50 und zum Erzeugen eines siebten Stoppsignals, wenn der Schlitten 50 über eine Grenzposition läuft, auf. Die Versorgung elektrischen Stroms zur beweglichen Spule 60 kann durch die Schaltstufe 200 auf das siebte Stoppsignal hin beendet werden. Ein photoelektrischer Schalter, Photounterbrecher oder ein Grenzschalter oder dergleichen können als Hilfssensor verwendet werden.

Da durch die Trägheitskraft des Schlittens 50 eine ungesteuerte Bewegung desselben hervorgerufen wird, wenn die Zuführung elektrischen Stroms zur beweglichen Spule 60 ungeabsichtigt während eines Abrastervorgangs beendet wird, weist der Verschiebungsdetektor 1 auch eine Schlittenverriegelungseinheit 302 auf, wie in Fig. 16 dargestellt. Wenn z. B. die Wechselspannungsversorgung 300 für den Verschiebungsdetektor 1 plötzlich abgeschaltet wird, gibt eine Spannungsüberwachungseinrichtung 301 ein Spannungsabschaltungserkennungssignal an einen ersten Timer 311. Auf das Spannungsabschaltungserkennungssignal hin gibt der erste Timer 311 ein Schlittenanhaltesignal an die Schlittensteuerungseinheit 7 aus, um den Schlitten 50 unter Verwendung einer Reservespannungsversorgung 303 in einer Schlittenverriegelungsposition elektrisch zu verriegeln. Die Reservespannungsversorgung 303 wird durch einen Kondensator gebildet, der dazu in der Lage ist, elektrischen Strom für ungefähr 200 Millisekunden zu liefern, nachdem die Wechselspannungsversorgung 300 abgeschaltet wurde. Die Verriegelungsposition wird durch einen von der Eingabeeinheit abgelieferten Gleichstromwert bestimmt, der das Sollpositionssignal des Schlittens 50 spezifiziert, wie von der Eingabeeinheit 8 vorgegeben, und zwar unmittelbar bevor die

Wechselspannungsversorgung 300 abgeschaltet wird. Nach einer ersten Zeitspanne T1 wird der Schlitten 50 mechanisch durch die Verriegelungseinheit 302 in der Schlittenverriegelungsposition festgehalten. Die erste Zeitspanne wird durch den ersten Timer 311 vorgegeben. Wie in den Fig. 2 und 3 dargestellt, weist die Verriegelungseinheit 302 ein gezacktes Teil 320 mit mehreren dreieckigen Kerben 322, die in Abrasterrichtung angeordnet sind, einen dreieckigen Haken 51 am Schlitten 50 sowie eine Spule 305 zum Verstellen des gezackten Teils 320 zum Schlitten 50 hin auf, damit der dreieckige Haken 51 in die Kerben 322 eingreift. Die Spule 305 weist folgendes auf: ein Spulengehäuse 351, das an der (nicht dargestellten) Haltestruktur des Verschiebungsdetektors 1 befestigt ist, einen verstellbaren Eisenkern 352, der vom Gehäuse 351 vorsteht, eine um den verstellbaren Eisenkern 352 herum angeordnete Feder 353 und einen im Gehäuse 351 untergebrachten (nicht dargestellten) Permanentmagnet. Das gezackte Teil 320 ist mit einer Verriegelungsschiene 321 mit den Kerben 322, einem Paar Arme 323 und 324, die sich rechtwinklig von beiden Enden der Verriegelungsschiene 321 aus erstrecken, und Schwenkachsen 325 versehen, die sich von mittleren Positionen der Arme 323 und 324 aus erstrecken. Das freie Ende des Arms 323 ist mit einem Verbindungsteil 326 versehen, das mit dem Eisenkern 352 zu verbinden ist. Die Schwenkachsen 325 werden durch die Haltestruktur des Verschiebungsdetektors 1 drehbar so gehalten, daß die Arme 323 und 324 in wippender Weise um die Schwenkachsen 325 bewegt werden können.

Nach der ersten Zeitspanne T1 gibt ein zweiter Timer 312 ein Spulenaktivierungssignal für eine zweite Zeitspanne T2 an die Spule 305 aus, um das mechanische Verriegeln des Schlittens 50 mit der Verriegelungseinheit 302 auszuführen. Die zweite Zeitspanne T2 entspricht der Breite des Spulenaktivierungsimpulses. Wenn das Spulenaktivierungssignal nicht an die Spule 305 angelegt wird, wird der verstellbare Eisenkern 352 vom Permanentmagnet gehalten. Das Spulenaktivierungssignal spezifiziert den Spulensignalstrom, wie er der Spule 305 zugeführt wird, damit der verstellbare Eisenkern 352 vom Permanentmagnet gelöst wird. Wenn die Spule 305 durch das Spulenaktivierungssignal aktiviert wird, um den verstellbaren Eisenkern 352 ausgehend vom Spulengehäuse 351 zusammen mit dem Verbindungsteil 326 des gezackten Teils 320 nach unten zu verstellen, werden die Arme 323 und 324 in Uhrzeigerrichtung um die Schwenkachse 325 verdreht, wie durch den Pfeil L in Fig. 2 gekennzeichnet, so daß die Verriegelungsschiene 321 nach oben verstellt wird, um den dreieckigen Haken 51 am Schlitten 50 mit den Kerben 322 in Eingriff zu bringen. Das Spulenaktivierungssignal wird auch einer Verzögerungsschaltung 313 zugeführt. Wie in Fig. 17 dargestellt, gibt die Verzögerungsschaltung 313, nachdem sie das Spulenaktivierungssignal empfangen hat und eine Verzögerungszeitspanne DT1 verstrichen ist, ein Trennsignal zum Öffnen des Motorschalters 18 an die Schaltstufe 200 aus. Wenn die Wechselspannungsversorgung 300 abgeschaltet wird, kann der vorstehend erläuterte Verriegelungsvorgang unter Verwendung der Reserve-spannungsversorgung 303 ausgeführt werden. So ist es möglich, da der Schlitten 50 elektrisch und mechanisch festgehalten wird, wenn die Wechselspannungsversorgung 300 abgeschaltet wird, einen unbeabsichtigten Zusammenstoß zwischen dem Schlitten 50 und dem stationären Rahmen 11 des Linearmotors 10 zu verhindern.

In der ersten Schutzzeiteinheit 201 wird, wenn der Wert des von der Stromüberwachungseinrichtung 211 über-

wachten elektrischen Stroms den ersten Schwellenwert überschreitet, das erste Stoppsignal vom ersten Komparator 212 auch an die Schlittensteuerungseinheit 7 geliefert. Auf das erste Stoppsignal hin liefert die Schlittensteuerungseinheit 7 einen Spulenstrom an die Spule 305, um das mechanische Verriegeln des Schlittens 50 auszuführen, wie in Fig. 10 dargestellt. Im Ergebnis ist es möglich, wenn die erste Schutzzeiteinheit 201 einen ungewöhnlichen Betrieb des Linearmotors 10 feststellt, den Schlitten durch die Verriegelungseinheit 302 zu schützen. Auf ähnliche Weise kann der Verriegelungsvorgang für den Schlitten 50 auf jedes der Stoppsignale hin ausgeführt werden, wie sie von der zweiten bis siebten Schutzzeiteinheit geliefert werden, wie in den Fig. 11 bis 15 dargestellt.

Der Verschiebungsdetektor 1 weist auch eine Schlittenposition-Rückstelleinheit 302 zum Verstellen des Schlittens 50 aus der Verriegelungsposition in eine Abrasterstartposition mit relativ niedriger Geschwindigkeit auf, wie in Fig. 18 dargestellt. Wenn z. B. die Wechselspannungsversorgung 300 eingeschaltet wird, gibt die Spannungsüberwachungseinrichtung 301 ein Spannungseinschaltung-Erkennungssignal an einen dritten Timer 341. Der Verschiebungsdetektor 1 wird für eine dritte Zeitspanne T3, wie vom dritten Timer 341 geliefert, ohne Funktion belassen, bis die Schlittensteuerungseinheit 7 und der Schlittenpositionssensor 100 aktiv sind. Nach Ablauf der dritten Zeitspanne T3 gibt ein vierter Timer 342 für eine vierte Zeitspanne T4 ein Spulenrückstellsignal an die Spule 305 aus, um die mechanische Verriegelung zwischen dem Schlitten 50 und der Verriegelungseinheit 302 zu lösen. Die vierte Zeitspanne T4 entspricht der Breite des Spulenrückstellimpulses. Das Spulenrückstellsignal spezifiziert einen Spulenstrom, wie er der Spule 305 zugeführt wird, damit der bewegliche Eisenkern 352 vom Permanentmagnet gehalten wird. D. h., daß die Arme 323 und 324 dann, wenn die Spule 305 vom Spulenrückstellsignal so aktiviert wird, daß der bewegliche Eisenkern 352 entgegen der Federvorspannung der Feder 353 nach oben verstellt wird, in Gegenurzeigerrichtung die Schwenkachse 325 verdreht werden, wie durch den Pfeil R in Fig. 2 gekennzeichnet, so daß die Verriegelungsschiene 321 nach unten verstellt wird, um den dreieckigen Haken 51 am Schlitten 50 außer Eingriff mit den Kerben 322 zu bringen. Anschließend gibt ein fünfter Timer 343 ein Einschaltssignal zum Einschalten des Motorschalters 18 zum Starten der Zufuhr elektrischen Stroms an die bewegliche Spule 60 an die Schaltstufe 200 aus.

Gleichzeitig gibt der fünfte Timer 343 auch ein Impulssignal mit der Impulsbreite einer fünften Zeitspanne T5 an eine (nicht dargestellte) Positionsverstärkungseinheit in der Schlittensteuerungseinheit 7 aus. Wie in den Fig. 17 und 19 dargestellt, tritt zwischen einem Dreieckssignal, das das Sollpositionssignal angibt und dem Dreieckssignal, das das Schlittenpositionssignal ist, eine Phasendifferenz  $\Delta T$  auf. Die Phasendifferenz  $\Delta T$  kann durch Verändern der Positionsverstärkung an der Positionsverstärkungseinheit auf das vom fünften Timer 343 gelieferte Impulssignal hin vergrößert oder verkleinert werden. Genauer gesagt, wird die Phasendifferenz  $\Delta T$  verkleinert, wenn eine höhere Positionsverstärkung eingestellt wird, so daß der Schlitten 50 auf das Sollpositionssignal hin schnell verstellt werden kann. Z. B. wird der Schlitten bei relativ hoher Positionsverstärkung verstellt, um einen Abrastervorgang auszuführen. Wenn die Wechselspannungsversorgung 300 plötzlich abgeschaltet wird, wird der Schlitten 50 elektrisch und me-



chanisch in der Verriegelungsposition durch die Verriegelungseinheit 302 festgehalten, wie oben erläutert. Anschließend, wenn dem Verschiebungsdetektor 1 erneut elektrische Spannung von der Wechselspannungsversorgung 300 zugeführt wird, gibt die Schlittensteuerungseinheit 7 ein Anfangssignal zum Verstellen des Schlittens 50 aus der Verriegelungsposition in die Abrasterstartposition an den Linearmotor 10 aus. Wenn der Abstand zwischen der Verriegelungsposition und der Abrasterstartposition größer ist, wird der Schlitten 50 mit höherer Geschwindigkeit zur Abrasterstartposition verstellt, und zwar wegen der höheren Positionsverstärkung, so daß die Möglichkeit für einen Zusammenstoß zwischen dem Schlitten 50 und dem stationären Rahmen des Linearmotors 10 erhöht würde. Bei der Erfindung ist es möglich, da die hohe Positionsverstärkung abhängig von dem vom fünften Timer 343 gelieferten Impulssignal auf eine relativ kleine Positionsverstärkung verringert wird, den Schlitten 50 mit relativ niedriger Geschwindigkeit aus der Verriegelungsposition in die Abrasterstartposition zu verstellen, um einen solchen unbeabsichtigten Zusammenstoß zu verhindern. Der fünfte Timer 343 gibt an die Steuerungseinheit 7 auch ein Abrasterstartsignal zum Wiederaufnehmen des Abrasterbetriebs aus.

Als erste Modifizierung der Steuerungseinheit 7 des ersten Ausführungsbeispiels kann eine Schlittensteuerungseinheit verwendet werden, die nur den Untersteuerungsabschnitt I verwendet, wie in Fig. 20 dargestellt. In diesem Fall wird einem Schwingspule-Linearmotor 10A ein elektrischer Strom zugeführt, der dem vom Untersteuerungsabschnitt I gelieferten ersten Abweichungssignal entspricht.

Als zweite Modifizierung der Steuerungseinheit 7 des ersten Ausführungsbeispiels kann eine solche Schlittensteuerungseinheit verwendet werden, die die Untersteuerungsabschnitte I und III verwendet, wie in Fig. 21 dargestellt. Ein zweiter Subtrahierer 76B der Untersteuerungseinheit III erstellt ein drittes Abweichungssignal, das die Differenz zwischen dem ersten Abweichungssignal vom Untersteuerungsabschnitt I und der ersten Ableitung des Schlittenpositionssignals, wie vom zweiten Differenzierer 75B geliefert, anzeigt. Daher wird in diesem Fall einem Schwingspule-Linearmotor 10B ein elektrischer Strom zugeführt, der dem dritten Abweichungssignal entspricht.

Als dritte Modifizierung der Steuerungseinheit 7 des ersten Ausführungsbeispiels kann eine solche Schlittensteuerungseinheit verwendet werden, die nur die Untersteuerungsabschnitte I bis III verwendet, wie in Fig. 22 dargestellt. Daher wird in diesem Fall einem Schwingspule-Linearmotor 10C ein elektrischer Strom zugeführt, der dem dritten Abweichungssignal entspricht, wie es vom Untersteuerungsabschnitt III geliefert wird.

Als Modifizierung der Schlittenverriegelungseinheit 302 des ersten Ausführungsbeispiels können mehrere rechteckige Kerben 322A anstelle der dreieckigen Kerben 322 an einer Verriegelungsschiene 321A vorhanden sein, wie in Fig. 23A dargestellt. In diesem Fall weist ein (nicht dargestellter) Schlitten einen rechteckigen Haken auf, der in die rechteckigen Kerben 322A eingreifen kann. Als weitere Modifizierung der Schlittenverriegelungseinheit 302 des ersten Ausführungsbeispiels kann ein Gummikissen 322B an einer Verriegelungsschiene 321B anstelle der Kerben 322 vorhanden sein, wie in Fig. 23B dargestellt. In diesem Fall kann das Gummikissen 322B als Reibungsbremse zum Anhalten der Schlittenverstellung dienen.

#### < Zweites Ausführungsbeispiel >

Der optisch abtastende Verschiebungsdetektor 1D gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im wesentlichen derselbe wie der des ersten Ausführungsbeispiels, mit der Ausnahme, daß ein Linearcodierer 80 anstelle des Schlittenpositionssensors 100 verwendet wird. Daher erscheint keine neue Erläuterung für gemeinsame Teile erforderlich. Gleiche Teile sind mit denselben Zahlen mit dem Zusatzbuchstaben "D" bezeichnet. Der Linearcodierer 80 wird zum Messen der Position eines Schlittens 50D verwendet, wenn eine bewegliche Spule 60D eines Schwingspule-Linearmotors 10D in Abrasterrichtung verstellt wird. D. h., daß, wie dies in Fig. 24 dargestellt ist, der Codierer 80 mit einer linearen Skala 81 mit einem in Abrasterrichtung angeordneten Codemuster 82 und einem an einem Gleitstück 55D befestigten Codesensor 83 ausgebildet ist. Der Codesensor 83 kann das Codemuster 82 optisch oder magnetisch erkennen, um ein Schlittenpositionssignal zu erzeugen, das die Position des Schlittens 50D in Abrasterrichtung anzeigt.

#### < Drittes Ausführungsbeispiel >

Der optisch abtastende Verschiebungsdetektor gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im wesentlichen derselbe wie derjenige des ersten Ausführungsbeispiels, mit der Ausnahme, daß anstelle des Schwingspule-Linearmotors 10 ein linearer Schrittmotor 9 verwendet ist und daß die Position des Schlittens in Abrasterrichtung unter Verwendung eines (nicht dargestellten) Impulszählers gemessen wird.

Wie in Fig. 25 dargestellt, weist der Schrittmotor 9 einen Stator 90 mit mehreren in Abrasterrichtung angeordneten magnetischen Zähnen 91, einen magnetischen Körper 92 mit mehreren Paaren magnetischer Arme 93 und eine (nicht dargestellte) Schiene zum verschiebbaren Halten des magnetischen Körpers 92 in Abrasterrichtung auf. Eine Feldspule 94 ist auf jeden der magnetischen Zähne 91 aufgewickelt. Der Abstand L1 zwischen den magnetischen Armen 93 unterscheidet sich leicht vom Abstand L2, der das Doppelte der Schrittweite zwischen benachbarten magnetischen Zähnen 91 kennzeichnet. Der magnetische Körper 92 ist vom Stator 90 um einen solchen Abstand L3 entfernt, daß die magnetischen Arme 93 jeweils den magnetischen Zähnen 91 zugewandt sind. Ein Schlitten, der Lichtprojektions- und Empfangseinheiten trägt, ist am magnetischen Körper 92 befestigt.

Um ein Verfahren zum Verstellen des magnetischen Körpers 92 in Abrasterrichtung zu erläutern, werden die magnetischen Zähne 91 jeweils als magnetischer Zahn  $\alpha$ , magnetischer Zahn  $\beta$ , magnetischer Zahn  $\gamma$ , magnetischer Zahn  $\delta$ , ... bezeichnet, und zwar der Reihe nach ausgehend vom magnetischen Zahn 91 am linken Ende in Fig. 25. Z. B. erfolgt eine erste Erregung der magnetischen Zähne 91  $\alpha$  und  $\gamma$ , und bei der nächsten Bewegung wird die erste Erregung auf eine zweite Erregung für die magnetischen Zähne 91  $\beta$  und  $\delta$  umgeschaltet. Die erste Erregung wird dadurch ausgeführt, daß elektrischer Strom jeder der Feldspulen 94 für die magnetischen Zähne 91  $\alpha$  und  $\gamma$  für kurze Zeit zugeführt wird. Auf ähnliche Weise erfolgt die zweite Erregung durch Zuführen elektrischen Stroms zu jeder der Feldspulen 94 der magnetischen Zähne 91  $\beta$  und  $\delta$  für kurze Zeit. So wird durch Wiederholen der Erregung der magnetischen Zähne 91 eine elektromagnetische Kraft er-



zeugt, um den magnetischen Körper 92 in Abrasterrichtung zu verstellen. Da die Wiederholungszahl für die Erregung durch die in den Schrittmotor 9 eingegebene Impulszahl festgelegt ist, besteht eine Eins-zu-eins-Beziehung zwischen der Impulszahl und dem Verstellweg des magnetischen Körpers 92. Daher ist es möglich, die Position des Schlittens abhängig von der Impulszahl zu erfassen, wie sie vom Impulszähler gezählt wird, ohne den Schlittenpositionssensor 100 des ersten Ausführungsbeispiels zu verwenden. Um das Ansprechverhalten des Schrittmotors 9 zu verbessern, ist es bevorzugt, eine bestimmte Anzahl von Impulsen innerhalb einer Einheitszeit, d. h. mit einer bestimmten Wiederholfrequenz, anzulegen, um die Position des Schlittens in Abrasterrichtung zu ermitteln. Als Modifizierung des magnetischen Körpers 92 des dritten Ausführungsbeispiels können die magnetischen Arme aus einem Permanentmagnet bestehen.

#### < Viertes Ausführungsbeispiel >

Der optisch abtastende Verschiebungsdetektor gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im wesentlichen derselbe wie der des ersten Ausführungsbeispiels, mit der Ausnahme, daß eine Schlittenverstelleinrichtung 400 mit Riemen anstelle des Schwingspule-Linearmotors 10 verwendet wird. Daher erscheint keine neue Erläuterung gemeinsamer Teile erforderlich. Ähnliche Teile sind durch dieselben Zahlen gekennzeichnet, versehen mit dem Zusatzbuchstaben "E".

Wie in Fig. 26 dargestellt, besteht die Schlittenverstelleinrichtung 400 aus einem umkehrbaren Motor 401 mit einer Antriebswelle 402, einem Paar Riemenscheiben mit einer Antriebsriemenscheibe 403 und einer Umlenkriemenscheibe 404, die in Abrasterrichtung angeordnet ist, und einem Endlosriemen 405, der sich zwischen den Riemenscheiben 403 und 404 erstreckt. Die Antriebswelle 402 ist mit der angetriebenen Riemenscheibe 403 verbunden. Ein Schlitten 50E, der Lichtprojektions- und Empfangseinheiten trägt, ist am Endlosriemen 405 befestigt. Wenn die angetriebene Riemenscheibe 403 durch den umkehrbaren Motor 401 gedreht wird, kann der Schlitten 50E in Abrasterrichtung verstellt werden. Ein am Schlitten 50E befestigtes Gleitstück 55E wird ebenfalls verschiebbar von einer Führungsschiene 56E, gehalten, die sich in Einrasterrichtung erstreckt. Ein Winkelcodierer 406 ist mit der Antriebswelle 402 verbunden, um den Drehwinkel der Antriebswelle zu erfassen. Die Position des Schlittens 50E in Abrasterrichtung kann abhängig vom Drehwinkel bestimmt werden.

Um einen genauen Abrastervorgang entsprechend Abrasterparametern auszuführen, kann die Verstelleinrichtung 400 geregelt werden, wie in Fig. 27 veranschaulicht. D. h., daß ein Impulszuggenerator 410 eine Anzahl von Impulsen abhängig von Abrasterparametern ausgibt. Die Impulszahl wird in einem Komparator 411 mit der vom Winkelcodierer 406 gelieferten gemessenen Impulszahl verglichen, um ein Abweichungssignal zu erhalten. Der Komparator 411 gibt ein Steuerungssignal zum Verringern des Abweichungssignals aus. Das Steuerungssignal wird in einem D/A-Umsetzer 412 in ein analoges Steuerungssignal umgesetzt und dann in einem Regelungsverstärker 413 verstärkt, um dem umkehrbaren Motor 401 einen dem Steuerungssignal entsprechenden elektrischen Strom zuzuführen. Als Modifizierung des vierten Ausführungsbeispiels kann anstelle des umkehrbaren Motors 401 ein Schrittmotor verwen-

det werden. In diesem Fall ist es möglich, die Position des Schlittens in Abrasterrichtung ohne Verwendung des Winkelcodierers 406 zu ermitteln.

#### < Fünftes Ausführungsbeispiel >

Der optisch abtastende Verschiebungsdetektor gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im wesentlichen derselbe wie derjenige des ersten Ausführungsbeispiels, mit der Ausnahme, daß anstelle des Schwingspule-Linearmotors 10 eine Schlittenverstelleinrichtung 500 verwendet ist. Daher erscheint keine erneute Erläuterung gemeinsamer Teile erforderlich. Gleiche Teile sind mit denselben Zahlen gekennzeichnet, mit dem Zusatzbuchstaben "F" versehen.

Wie in Fig. 28 dargestellt, besteht die Schlittenverstelleinrichtung 500 aus einem umkehrbaren Motor 501 mit einer Antriebswelle 502, einer antreibbaren Welle 504 mit einer Spiralnute 505 und einem Zahnradsystem 503 zum Übertragen der Drehung der Antriebswelle 502 auf die antreibbare Welle 504. Die antreibbare Welle 504 ist so angeordnet, daß sich ihre Achse in der Abrasterrichtung erstreckt. Ein Schlitten 50F, der Lichtprojektions- und Empfangseinheiten trägt, steht verschiebbar mit der Spiralnute 505 in Eingriff, um sich bei Verdrehung der antreibbaren Welle 504 in Abrasterrichtung zu verstellen. Die Position des Schlittens 50F in Abrasterrichtung wird unter Verwendung eines mit der Antriebswelle 502 verbundenen Winkelcodierers 506 ermittelt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist es möglich, eine Rückkopplung wie bei der Verstelleinrichtung 400 des vierten Ausführungsbeispiels zu verwenden.

#### < Sechstes Ausführungsbeispiel >

Der optisch abtastende Verschiebungsdetektor des sechsten Ausführungsbeispiels der Erfindung ist im wesentlichen derselbe wie derjenige des ersten Ausführungsbeispiels, mit der Ausnahme, daß anstelle des Positionssensors 100 eine Schlittenpositionssensor 100G verwendet ist. Daher erscheint keine erneute Erläuterung gemeinsamer Teile erforderlich. Gleiche Teile sind mit denselben Zahlen gekennzeichnet, mit dem Zusatzbuchstaben "G" versehen.

Wie in Fig. 29 dargestellt, weist der Positionssensor 100G eine zusätzliche Lichtprojektionseinheit 102G zum Abstrahlen eines Sensorlichtstrahls, eine zusätzliche Lichtempfangseinheit 103G zum Empfangen des Sensorlichtstrahls zum Erzeugen eines Schlittenpositionssignals und eine Schlittenposition-Ermittlungseinheit 104G zum Ermitteln des Positionssignals des Schlittens 50G in Abrasterrichtung abhängig vom Schlittenpositionssignal auf. Die zusätzliche Lichtprojektionseinheit 102G ist am Schlitten 50G angebracht. Die zusätzliche Lichtempfangseinheit 103G ist an einer (nicht dargestellten) Haltestruktur des Verschiebungsdetektors befestigt, um den Sensorlichtstrahl zu empfangen, der von der zusätzlichen Lichtprojektionseinheit 102G in einer zur Abrasterrichtung schrägen Richtung  $\Theta$ 1 abgestrahlt wird.

Z. B. wird, wie in Fig. 30 dargestellt, dann, wenn der Sensorlichtstrahl von einem Lichtemissionselement 123G der Projektionseinheit 102G, das an einer Position A1 liegt, abgestrahlt wird, ein erster gebündelter Lichtfleck Sa auf einem Lichtempfangselement 131G der Empfangseinheit 103G erzeugt. Dann wird der Schlitten 50G in Abrasterrichtung ausgehend von der Position A1 in eine Position A2 verstellt. Wenn der Sensorlichtstrahl

von der Projektionseinheit 102G in der Position A2 abgestrahlt wird, wird auf dem Empfangselement 131G ein zweiter gebündelter Lichtfleck Sb erzeugt. Wenn der Verstellweg zwischen den Positionen A1 und A2 mit X1 bezeichnet wird, ist der Abstand Y1 zwischen dem ersten und zweiten Lichtfleck Sa bzw. Sb durch die folgende Gleichung gegeben:

$$Y1 = X1 \times (\tan \Theta a).$$

Daher wird die Position des Schlittens 50G in Abrasterichtung dadurch erhalten, daß der Weg Y1 abhängig von den Schlittenpositionssignalen ermittelt wird, wie sie von der Empfangseinheit 103G geliefert werden. Die Signalverarbeitungsschaltung des Positionssensors 100 des ersten Ausführungsbeispiels kann bei dem sechsten Ausführungsbeispiel verwendet werden.

Als Modifizierung des sechsten Ausführungsbeispiels ist es möglich, die zusätzliche Lichtprojektionseinheit 102G an der Haltestruktur des Verschiebungsdetektors zu befestigen und die zusätzliche Lichtempfangseinheit 103G am Schlitten 50G anzubringen.

#### <Siebtes Ausführungsbeispiel>

Der optisch abtastende Verschiebungsdetektor des siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im wesentlichen derselbe wie derjenige des ersten Ausführungsbeispiels, mit der Ausnahme, daß ein Schlittenpositionssensor 100' anstelle des Positionssensors 100 verwendet ist. Daher erscheint keine erneute Erläuterung gemeinsamer Teile erforderlich. Gleiche Teile sind mit denselben Zahlen gekennzeichnet mit einem zusätzlichen Strich versehen.

Wie in Fig. 31 dargestellt, weist der Positionssensor 100' einen Strahlteiler 110 wie einen Halbspiegel zum Aufteilen eines von einer Lichtprojektionseinheit 2' abgestrahlten Lichtstrahls in einen auf ein Objekt OBJ abgestrahlten Hauptlichtstrahl und einen Sensorlichtstrahl, eine zusätzliche Lichtempfangseinheit 103' zum Empfangen des Sensorlichtstrahls zum Erzeugen eines Schlittenpositionssignals, und eine Schlittenposition-Ermittlungseinheit 104' auf, um die Position des Schlittens 50 in Abrasterichtung abhängig vom Schlittenpositionssignal zu ermitteln. Die zusätzliche Lichtempfangseinheit 103' ist an einer (nicht dargestellten) Haltestruktur des Verschiebungsdetektors befestigt. Der Strahlteiler 110 ist im Schlitten 50' vorhanden, wie in Fig. 34 dargestellt.

Wie in Fig. 32 dargestellt, wird der Lichtstrahl von einem Lichtemissionselement 23' der Projektionseinheit 2' abgestrahlt, das in einer Position A'1 des Schlittens 50' steht. Der Lichtstrahl wird durch den Strahlteiler 110 in den Sensorlichtstrahl und den Hauptlichtstrahl unterteilt. Der Hauptlichtstrahl wird dazu verwendet, den Abstand zwischen dem Objekt OBJ und der Lichtprojektionseinheit 2' zu ermitteln. Andererseits breitet sich der Sensorlichtstrahl in einer Richtung  $\Theta 2$  aus, die zur Abrasterichtung schräg steht, und er erzeugt einen ersten gebündelten Lichtfleck S'a auf einem Lichtempfangselement 131' der Empfangseinheit 103'. Dann wird der Schlitten 50' von der Position A'1 in Abrasterichtung in eine Position A'2 verstellt. Wenn der Sensorlichtstrahl in der Position A'2 vom Strahlteiler 103' abgestrahlt wird, wird auf dem Empfangselement 131' ein zweiter gebündelter Lichtfleck S'b erzeugt. Wenn der Verstellweg zwischen den Positionen A'1 und A'2 mit X'1 bezeichnet wird, ist der Abstand Y'1 zwischen dem

ersten und zweiten Lichtfleck S'a bzw. S'b durch die folgende Gleichung wiedergegeben:

$$Y'1 = X'1 \times (\tan \Theta 2).$$

Daher wird die Position des Schlittens 50' in Abrasterichtung dadurch erhalten, daß der Weg Y'1 abhängig von den Schlittenpositionssignalen ermittelt wird, wie sie von der Empfangseinheit 103' geliefert werden. Es ist bevorzugt, daß das Empfangselement 131' so ausgebildet ist, daß der Sensorlichtstrahl auf dieses rechtwinklig auftrifft, um die Meßgenauigkeit zu verbessern.

Da eine einzelne Lichtprojektionseinheit 2' dazu verwendet wird, sowohl den Abstand zwischen dem Objekt OBJ und der Lichtprojektionseinheit 2' als auch die Position des Schlittens 50' zu ermitteln, kann beim Verschiebungsdetektor gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel die in Fig. 33 dargestellte Verarbeitungsschaltung verwendet werden. D. h., daß die Verarbeitungseinheit im wesentlichen eine solche ist wie eine Kombination aus der Verarbeitungseinheit von Fig. 5 mit der von Fig. 8, mit der Ausnahme, daß alle Diskriminatoren 43a', 43b', 143a' und 143b' mit einem Taktimpuls synchronisiert sind, der von einem einzigen Oszillator 20' der Projektionseinheit 2' geliefert wird.

#### Patentansprüche

##### 1. Optisch abtastender Verschiebungsdetektor (1) mit:

- einer Lichtprojektionseinrichtung (2) zum Abstrahlen eines Lichtstrahls auf ein Objekt; und
- einer Lichtempfangseinrichtung (3) zum Empfangen eines vom Objekt reflektierten Lichtstrahls zum Ausgeben eines Objektpositionssignals;

##### gekennzeichnet durch

- einen die Projektionseinrichtung (2) und die Empfangseinrichtung (3) tragenden Schlitten (50);
- eine Positionserfassungseinrichtung (4) zum Ermitteln des Abstands zwischen der Projektionseinrichtung (2) und dem Objekt abhängig vom Positionssignal,
- wobei der Schlitten (50) verstellbar an einem Rahmen gehalten wird und wobei eine Abrastereinrichtung vorhanden ist, um den Schlitten (50) in Abrasterichtung zu verstellen, um den Lichtstrahl über das Objekt zu rastern.

2. Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abrastereinrichtung einen Elektromotor zum Verstellen des Schlittens (50) in Abrasterichtung aufweist.

3. Detektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Schutzeinheit zum Erfassen eines ungewöhnlichen Betriebs des Motors aufweist, um ein Stoppsignal zu erzeugen, und um die Zufuhr elektrischen Stroms zum Motor auf das Stoppsignal zu unterbrechen.

4. Detektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Schlittenposition-Meßeinheit (100) zum Ermitteln der Position des Schlittens (50) in Abrasterichtung aufweist.

5. Detektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor ein Schwingspule-Linear-motor (10) ist.

6. Detektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzeinheit (201) folgendes aufweist:
- eine Einrichtung (211) zum Überwachen des dem Motor zugeführten elektrischen Stroms; 5
  - eine Einrichtung (212) zum Erzeugen eines Stoppsignals, wenn der Wert des Stroms einen Schwellenwert überschreitet; und
  - eine Einrichtung (200) zum Beenden der Zufuhr des Stroms zum Motor auf das Stoppsignal hin. 10
7. Detektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzeinheit (204) folgendes aufweist:
- eine Einrichtung (211) zum Überwachen des dem Motor zugeführten elektrischen Stroms; 15
  - eine Einrichtung (241) zum Erzeugen eines Stoppsignals, wenn die zeitliche Ableitung des Stroms einen Schwellenwert überschreitet; und
  - eine Einrichtung (200) zum Beenden der Zufuhr des Stroms zum Motor auf das Stoppsignal hin. 20
8. Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Einrichtung (8) zum Eingeben 25 von Abrasterparametern und eine Steuerungseinrichtung (7) zum Regeln des Motors abhängig von der Abweichung aufweist, wie sie sich zwischen der gemessenen Position des Schlittens (50), wie von der Schlittenposition-Meßeinheit (100) angegeben, 30 und einer Sollposition des Schlittens (50), wie durch die Abrasterparameter vorgegeben, ergibt, sowie abhängig von der ersten und zweiten zeitlichen Ableitung der gemessenen Position, um dadurch für genauen Abrasterbetrieb entsprechend den Abrasterparametern zu sorgen. 35
9. Detektor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzeinheit (206) folgendes aufweist:
- eine Einrichtung (261) zum Erzeugen des Stoppsignals, wenn der Wert der Abweichung einen Schwellenwert überschreitet; und
  - eine Einrichtung (200) zum Unterbrechen der Zufuhr von Strom zum Motor auf das Stoppsignal hin. 40
10. Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzeinheit (202) folgendes aufweist:
- eine Einrichtung (221) zum Erzeugen des Stoppsignals, wenn die von der Schlittenposition-Meßeinheit gemeldete Position des Schlittens (50) einen vorgegebenen Abrasterbereich des Schlittens überschreitet; und
  - eine Einrichtung (200) zum Unterbrechen der Zufuhr von Strom zum Motor auf das Stoppsignal hin. 45
11. Detektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzeinheit (205) folgendes aufweist:
- einen Stoßsensor (251) zum Erfassen eines auf den Schlitten (50) wirkenden Stoßes; 50
  - eine Einrichtung (252) zum Erzeugen des Stoppsignals, wenn der Wert des Sensorstroms des Sensors einen Schwellenwert überschreitet; und
  - eine Einrichtung (200) zum Unterbrechen der Zufuhr von Strom zum Motor auf das Stoppsignal hin. 65
12. Detektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzeinheit (203) folgendes aufweist:
- einen Sensor (231) zum Erfassen der Motortemperatur;
  - eine Einrichtung (232) zum Erzeugen des Stoppsignals, wenn der Wert des Sensorstroms des Sensors einen Schwellenwert überschreitet; und
  - eine Einrichtung (200) zum Unterbrechen der Zufuhr von Strom zum Motor auf das Stoppsignal hin.
13. Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Schlittenverriegelungseinrichtung (302) zum Verriegeln des Schlittens (50) aufweist, um jede unkontrollierbare Verstellung des Schlittens zu verhindern, wenn dem Motor kein elektrischer Strom zugeführt wird.
14. Detektor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Verriegelungseinrichtung (302) aus einem gezackten Teil (320) mit mehreren in Abrasterichtung ausgebildeten dreieckigen Kerben (322) und einem dreieckigen Haken (51) am Schlitten (50) zum Eingreifen in die Kerben (322) besteht.
15. Detektor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Einrichtung (304) zum Verstellen des Schlittens (50) aus der Position, in der er von der Verriegelungseinrichtung (302) festgehalten wird, in eine Abrasterstartposition mit relativ niedriger Geschwindigkeit, wenn die Zufuhr elektrischen Stroms zum Motor wieder aufgenommen wird, aufweist.
16. Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlittenposition-Meßeinheit (100G) folgendes aufweist:
- eine zusätzliche Lichtprojektionseinrichtung (102G) zum Abstrahlen eines zweiten Lichtstrahls in einer Richtung, die zur Abrasterichtung schräg steht;
  - eine zusätzliche Lichtempfangseinrichtung (103G) zum Empfangen des zweiten Lichtstrahls zum Erzeugen eines Schlittenpositionssignals; und
  - eine Einrichtung (104G) zum Ermitteln der Position des Schlittens 50G abhängig vom Schlittenpositionssignal;
  - wobei entweder die Projektionseinrichtung (102G) oder die Empfangseinrichtung (103G) auf dem Schlitten (50G) angeordnet ist, während die andere am Rahmen befestigt ist.
17. Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlittenposition-Meßeinheit (100') folgendes aufweist:
- einen Strahlteiler (110) zum Abtrennen eines zweiten Lichtstrahls aus dem von der Lichtprojektionseinrichtung abgestrahlten Lichtstrahl;
  - eine zusätzliche Lichtempfangseinrichtung (103') am Rahmen, um den zweiten Lichtstrahl zu empfangen und um ein Schlittenpositionssignal zu erzeugen; und
  - eine Einrichtung (104') zum Ermitteln der Position des Schlittens 50' abhängig vom Schlittenpositionssignal.
18. Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlittenposition-Meßeinheit (100) folgendes aufweist:

- einen Spiegel (101);
  - eine zusätzliche Lichtprojektionseinrichtung (102) zum Abstrahlen eines zweiten Lichtstrahls in der Abrasterrichtung auf den Spiegel (101);
  - eine zusätzliche Lichtempfangseinrichtung (103) zum Empfangen eines zweiten, reflektierten Lichtstrahls vom Spiegel (101) zum Erzeugen eines Schlittenpositionssignals; und
  - eine Einrichtung (104) zum Ermitteln der Position des Schlittens (50) abhängig vom Schlittenpositionssignal;
  - wobei entweder der Spiegel (101) oder der Satz aus der zusätzlichen Projektionseinrichtung (102) und der zusätzlichen Empfangseinrichtung (103) am Schlitten (50) vorhanden ist und das andere dieser Teile am Rahmen vorhanden ist.
19. Detektor nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Spiegel (101) am Schlitten (50) vorhanden ist und die zusätzliche Projektionseinrichtung (102) und die zusätzliche Empfangseinrichtung (103) am Rahmen vorhanden sind.
20. Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor ein linearer Schrittmotor (9) ist.
21. Detektor nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlittenposition-Meßeinheit eine Einrichtung zum Zählen der Anzahl von Impulse für den linearen Schrittmotor und eine Einrichtung zum Ermitteln der Position des Schlittens abhängig von der Impulszahl aufweist.
22. Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlittenposition-Meßeinheit einen Codierer (80) aufweist.
23. Detektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abrastereinrichtung folgendes aufweist:
- eine angetriebene Riemenscheibe (403) und eine Umlenkriemenscheibe (404), die in Abrasterrichtung angeordnet ist;
  - den genannten Motor, der ein umkehrbarer Motor (401) ist, um die angetriebene Riemenscheibe (403) anzutreiben; und
  - einen Endlosriemen (405), der sich zwischen den Riemenscheiben (403 und 404) erstreckt;
  - wobei der Schlitten (50E) am Endlosriemen (405) befestigt ist, damit er sich abhängig von der Verdrehung der angetriebenen Riemenscheibe (403) in Abrasterrichtung verstellt.
24. Detektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abrastereinrichtung folgendes aufweist:
- eine Welle (504) mit einer Spiralnute (505), die so angeordnet ist, daß sich ihre Achse entlang der Abrasterrichtung erstreckt; und
  - den genannten Motor, der ein umkehrbarer Motor (501) zum Antreiben der Welle (504) um ihre Achse ist;
  - wobei der Schlitten (50F) in Eingriff mit der Spiralnute (505) steht, damit er auf die Drehung der Welle (504) hin in Abrasterrichtung verstellt wird.
25. Detektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzeinheit folgendes aufweist:
- einen Positionssensor zum Überwachen der Position des Schlittens und zum Erzeugen eines Stoppsignals, wenn sich der Schlitten über

eine Grenzposition hinaus bewegt; und

- eine Einrichtung zum Beenden der Zuführung von Strom zum Motor auf das Stoppsignal hin.

---

Hierzu 26 Seite(n) Zeichnungen

---

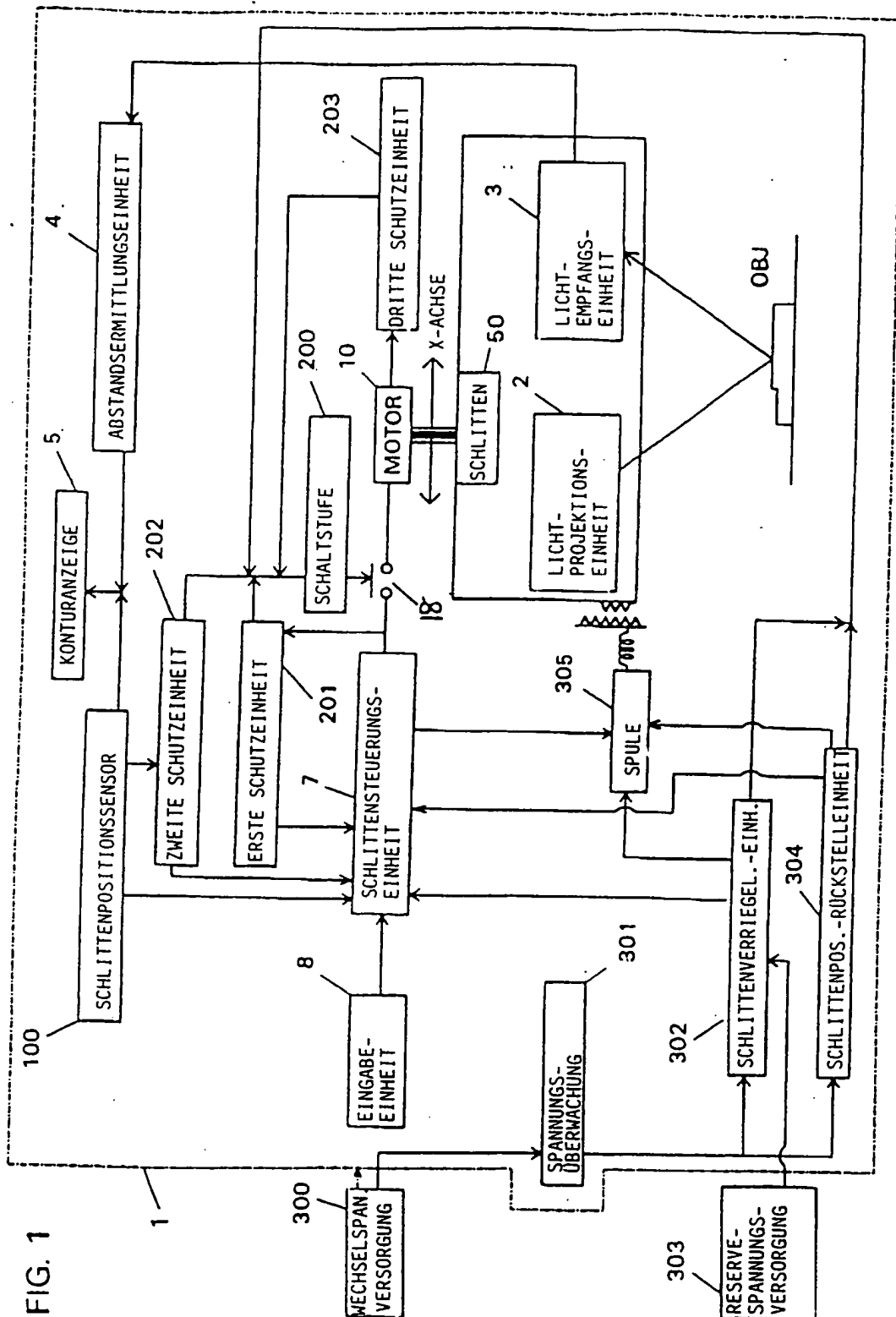


FIG. 1

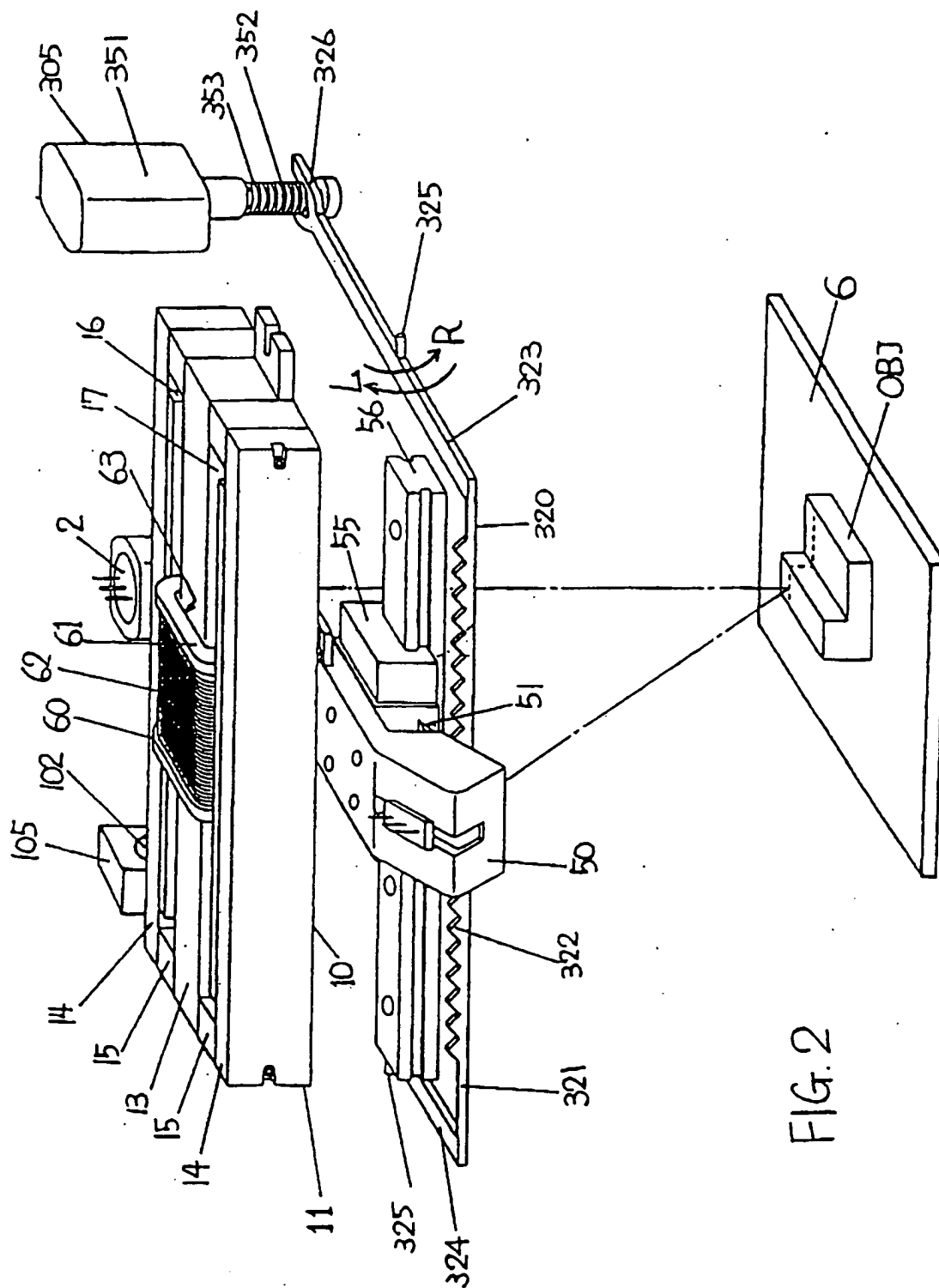


FIG. 2

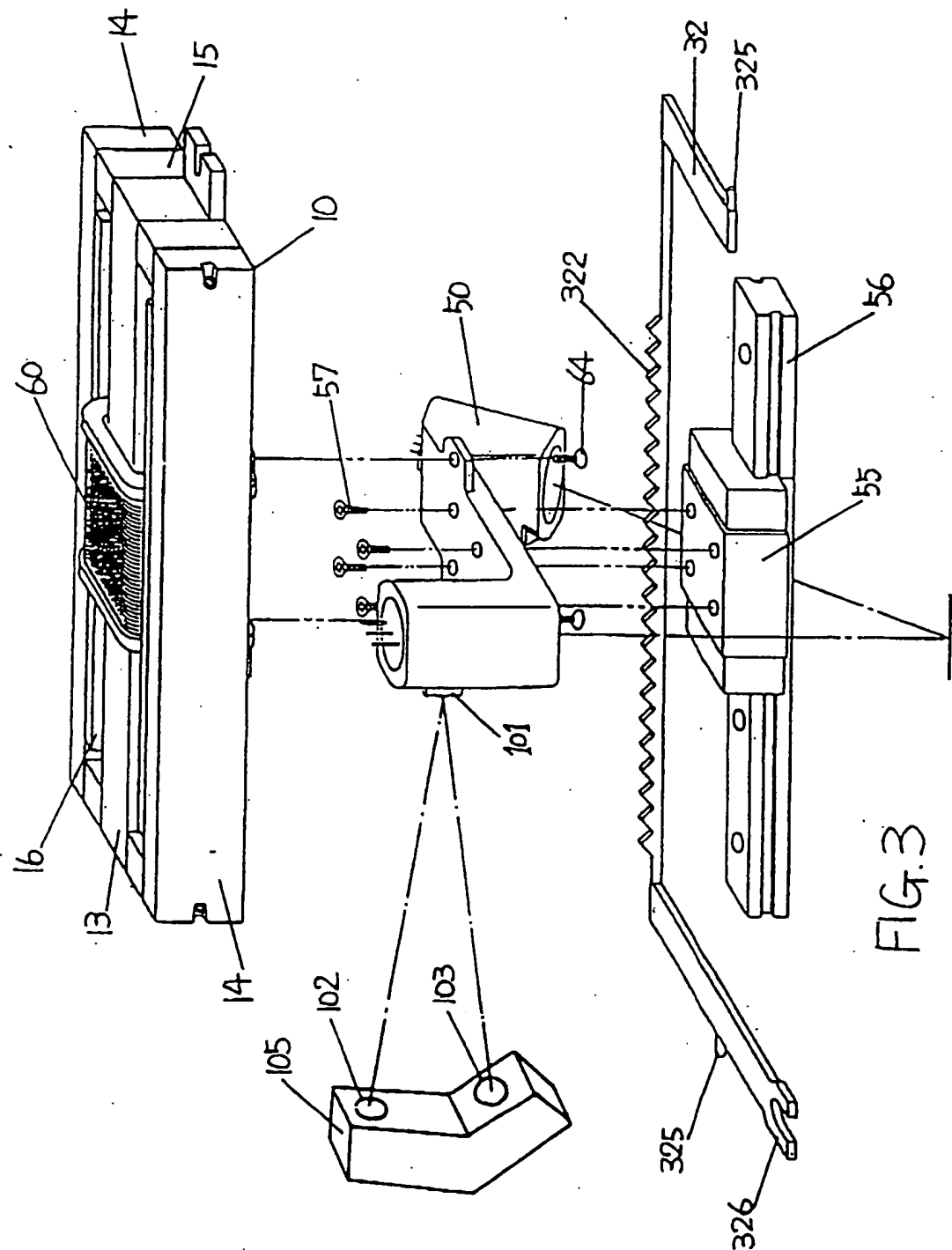


FIG. 3



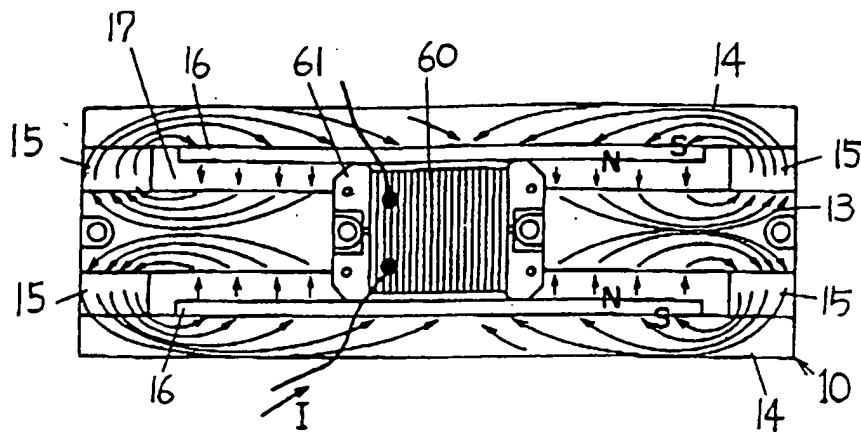


FIG. 4

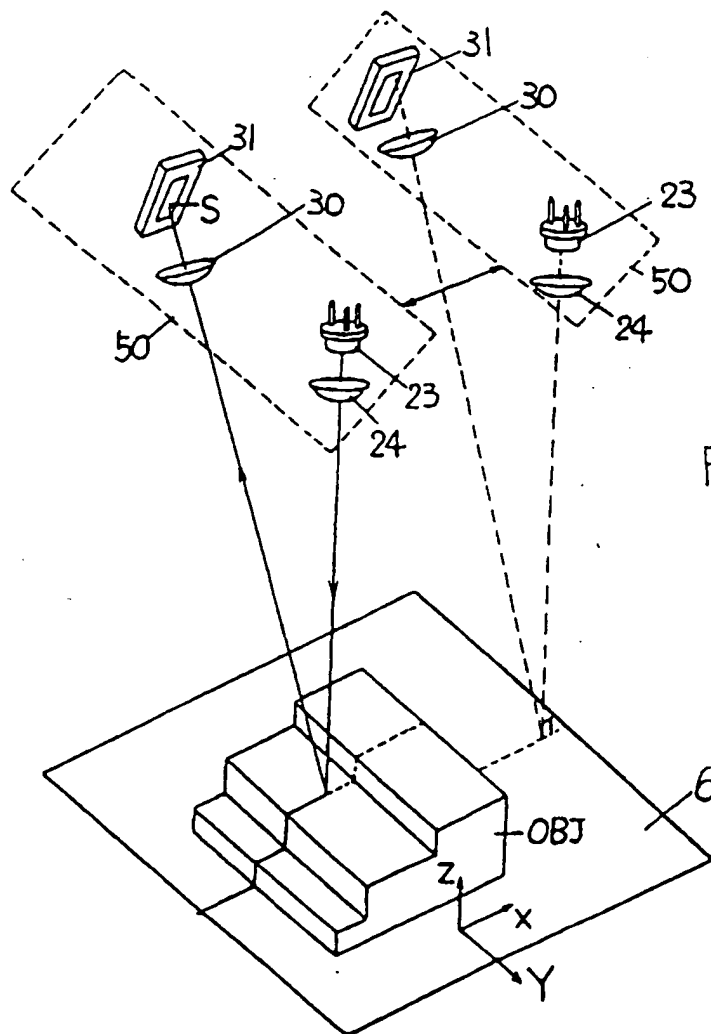
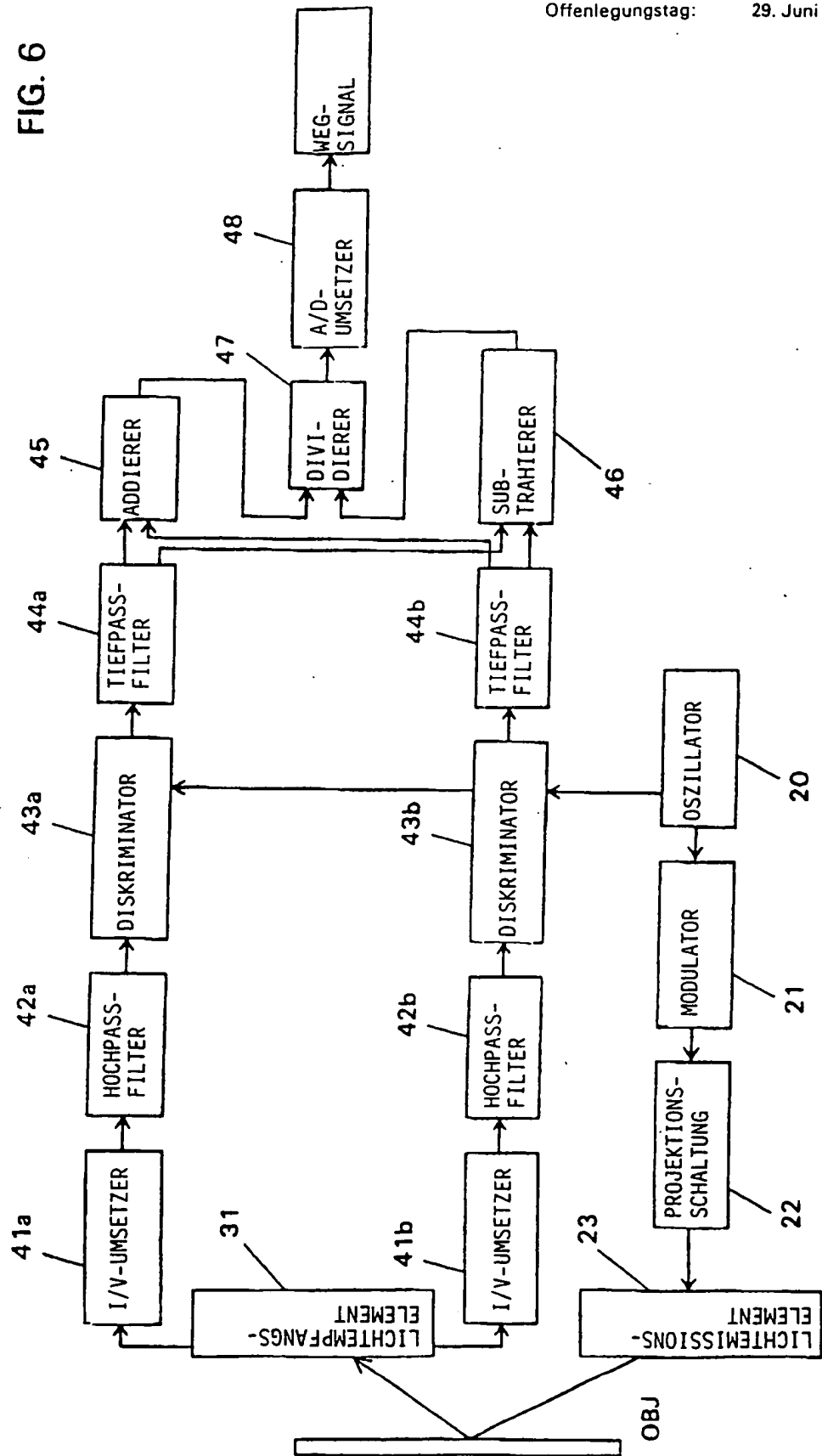


FIG. 5

FIG. 6



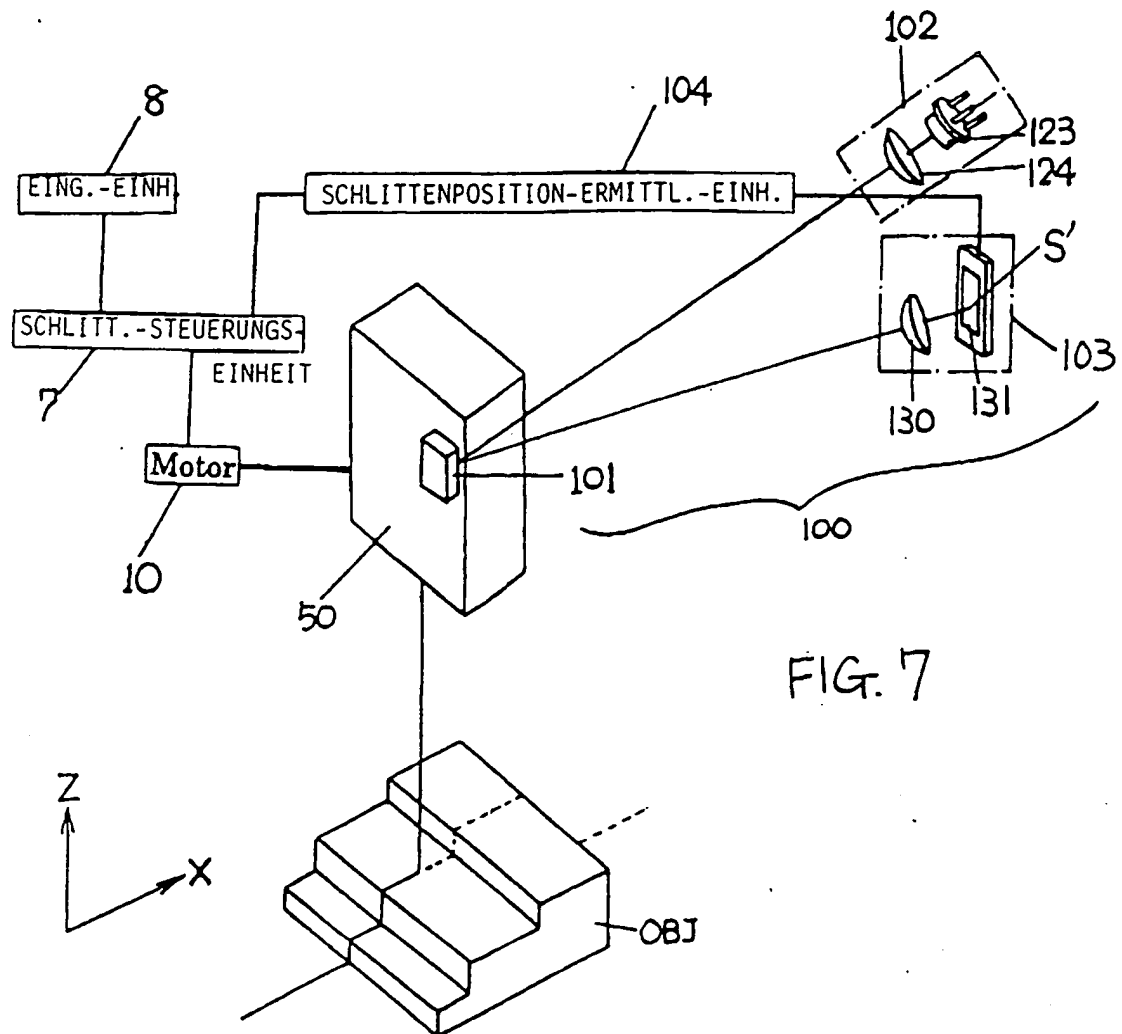
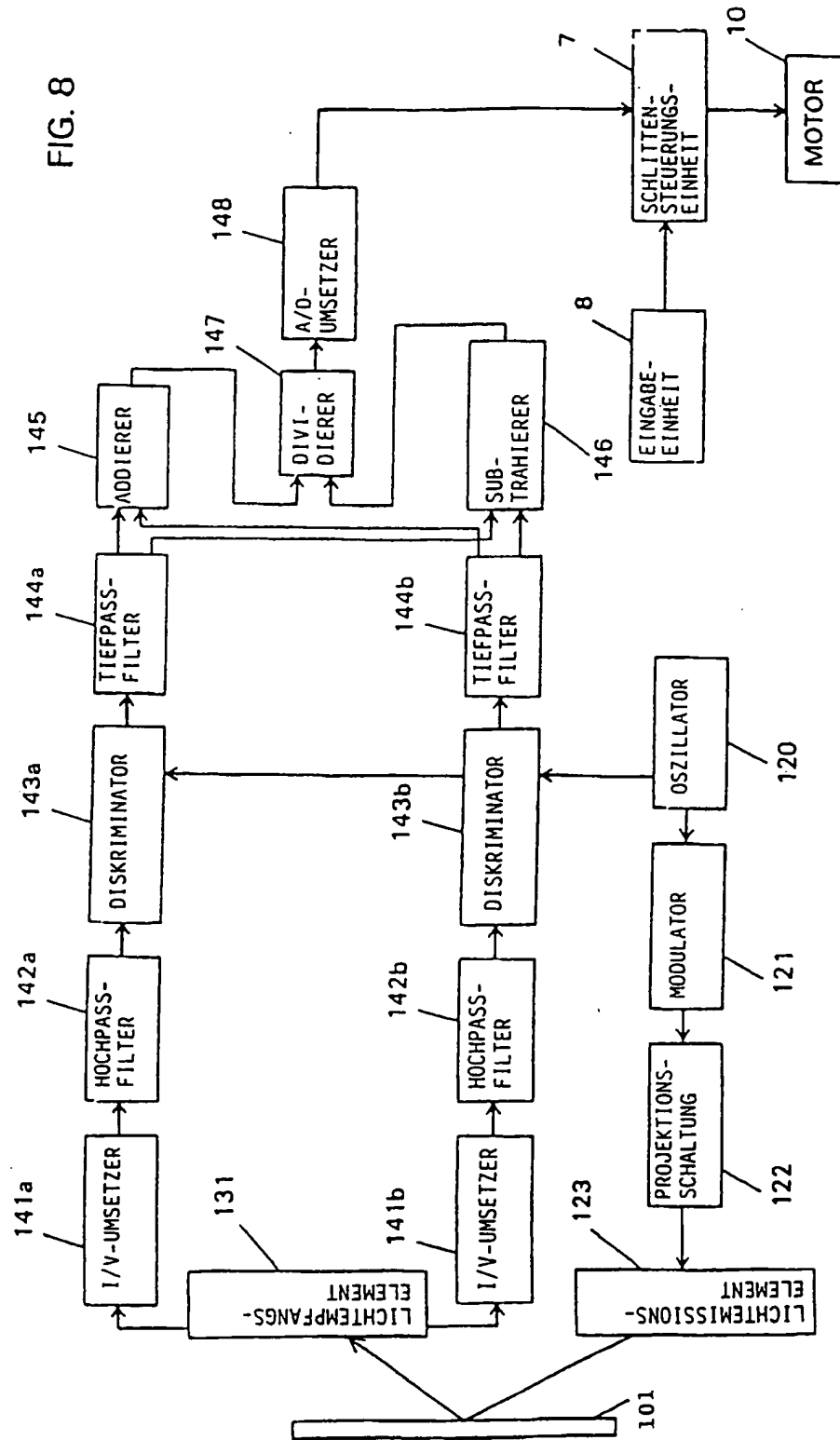
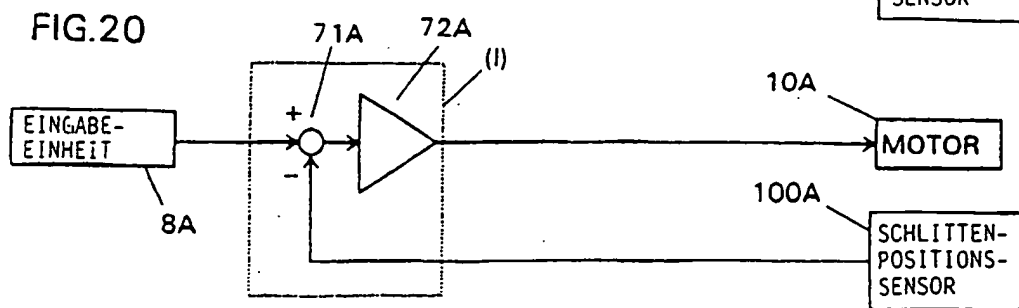
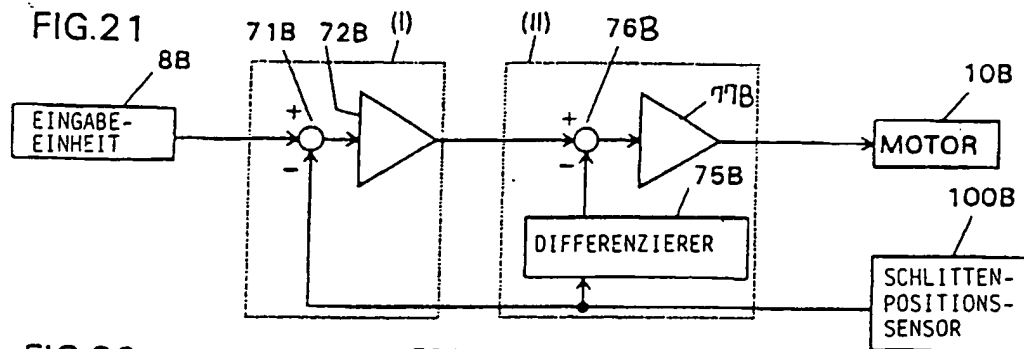
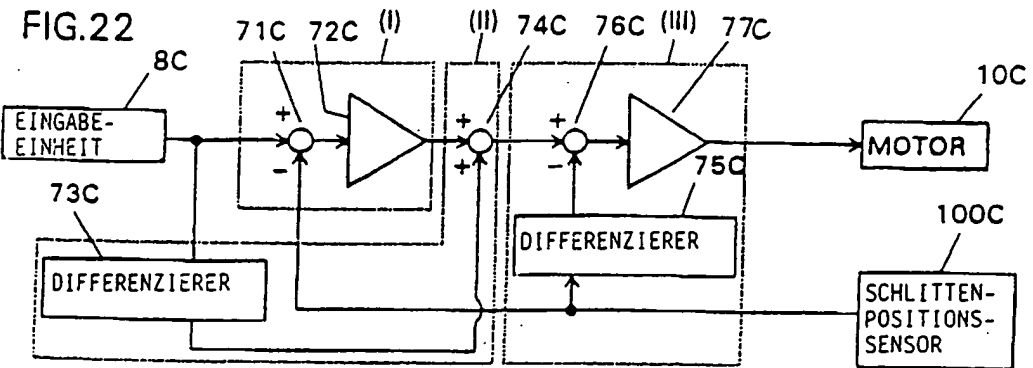
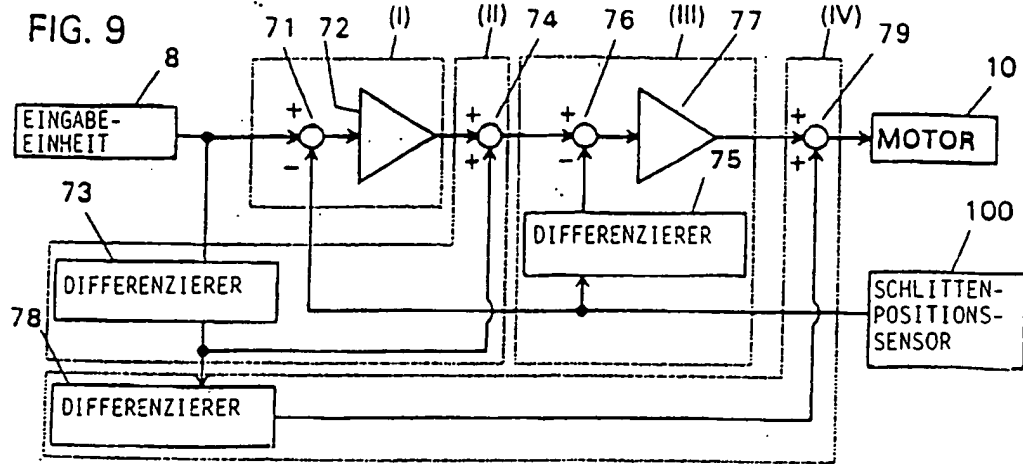


FIG. 8





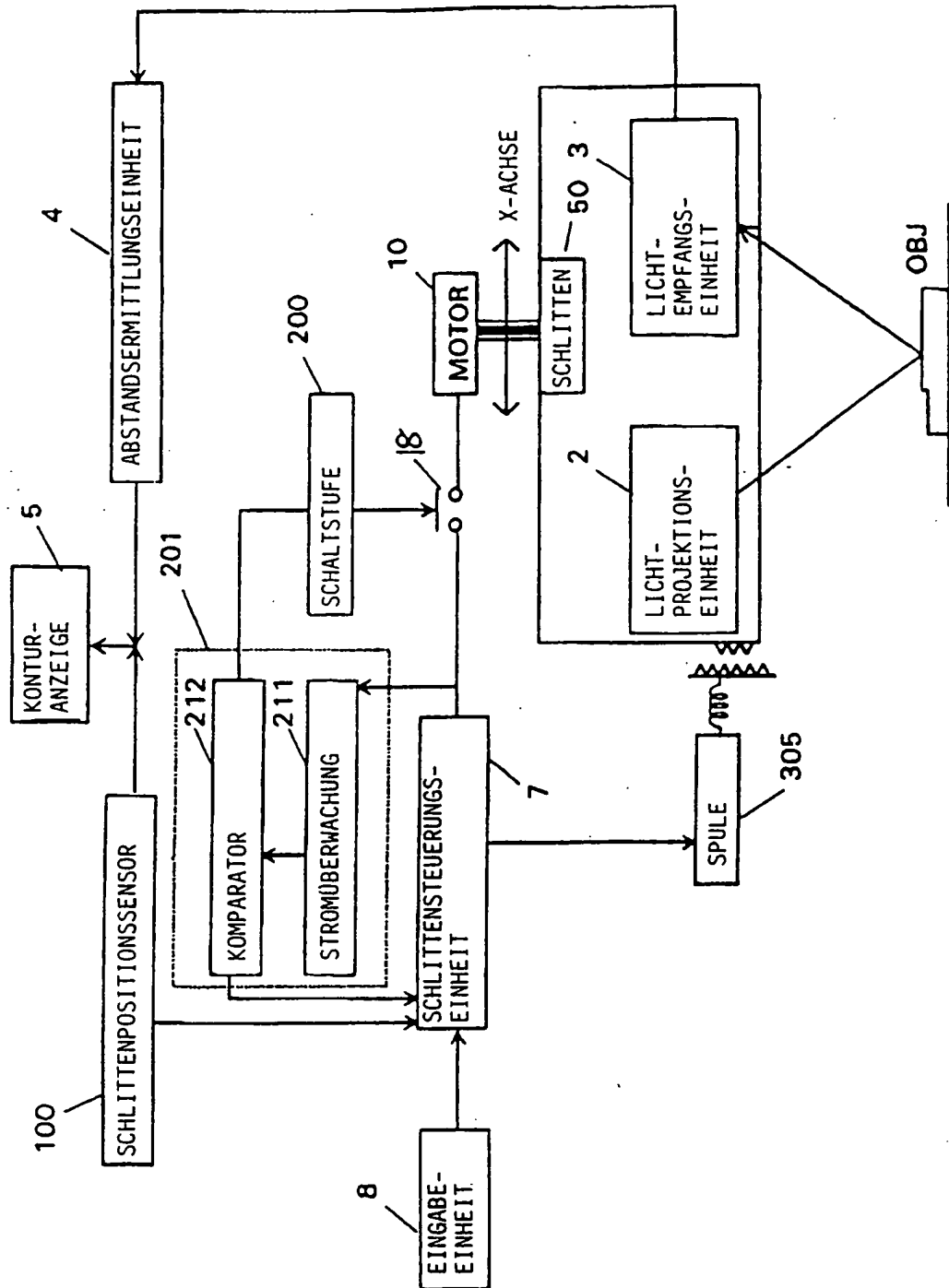
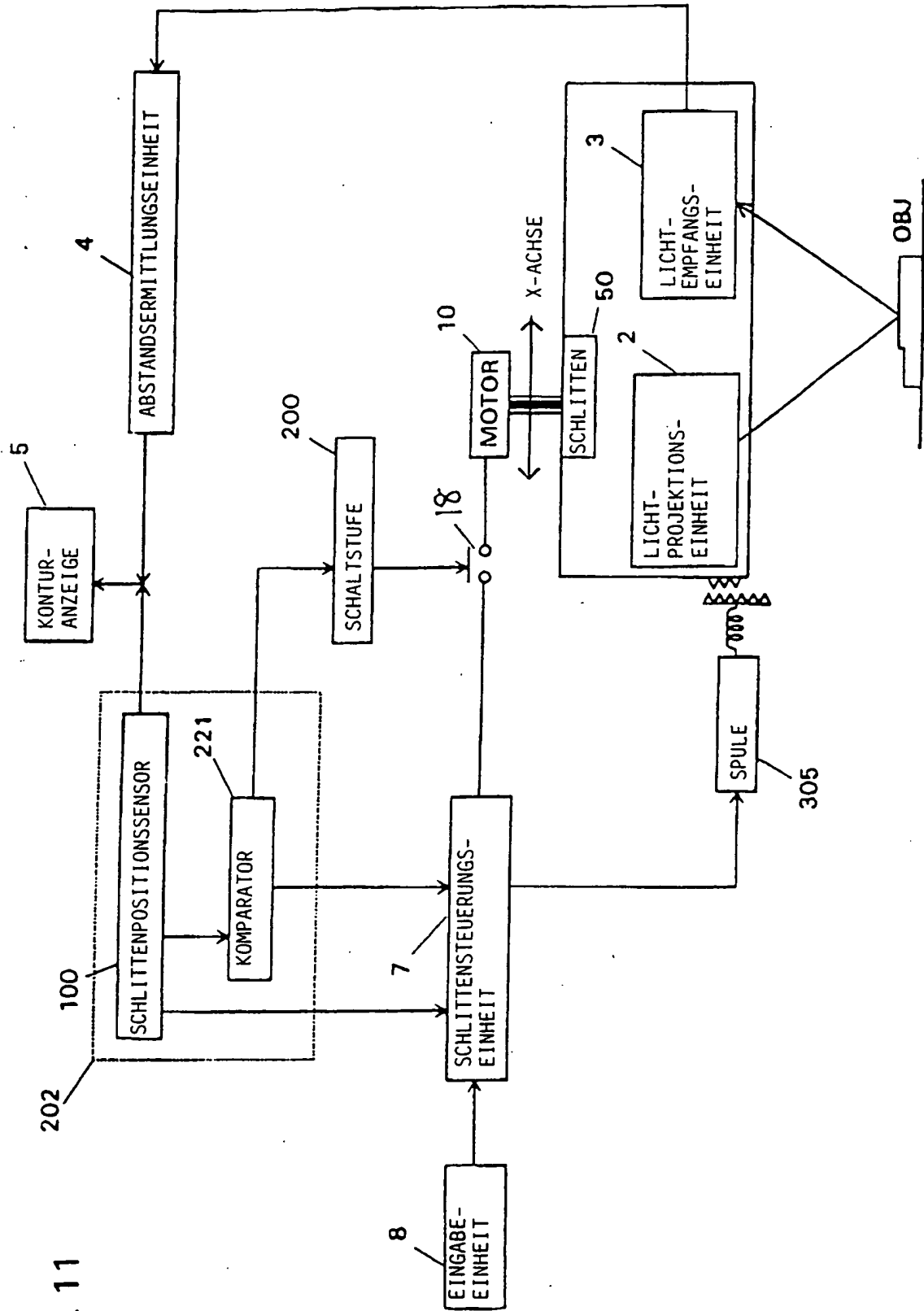


FIG. 10





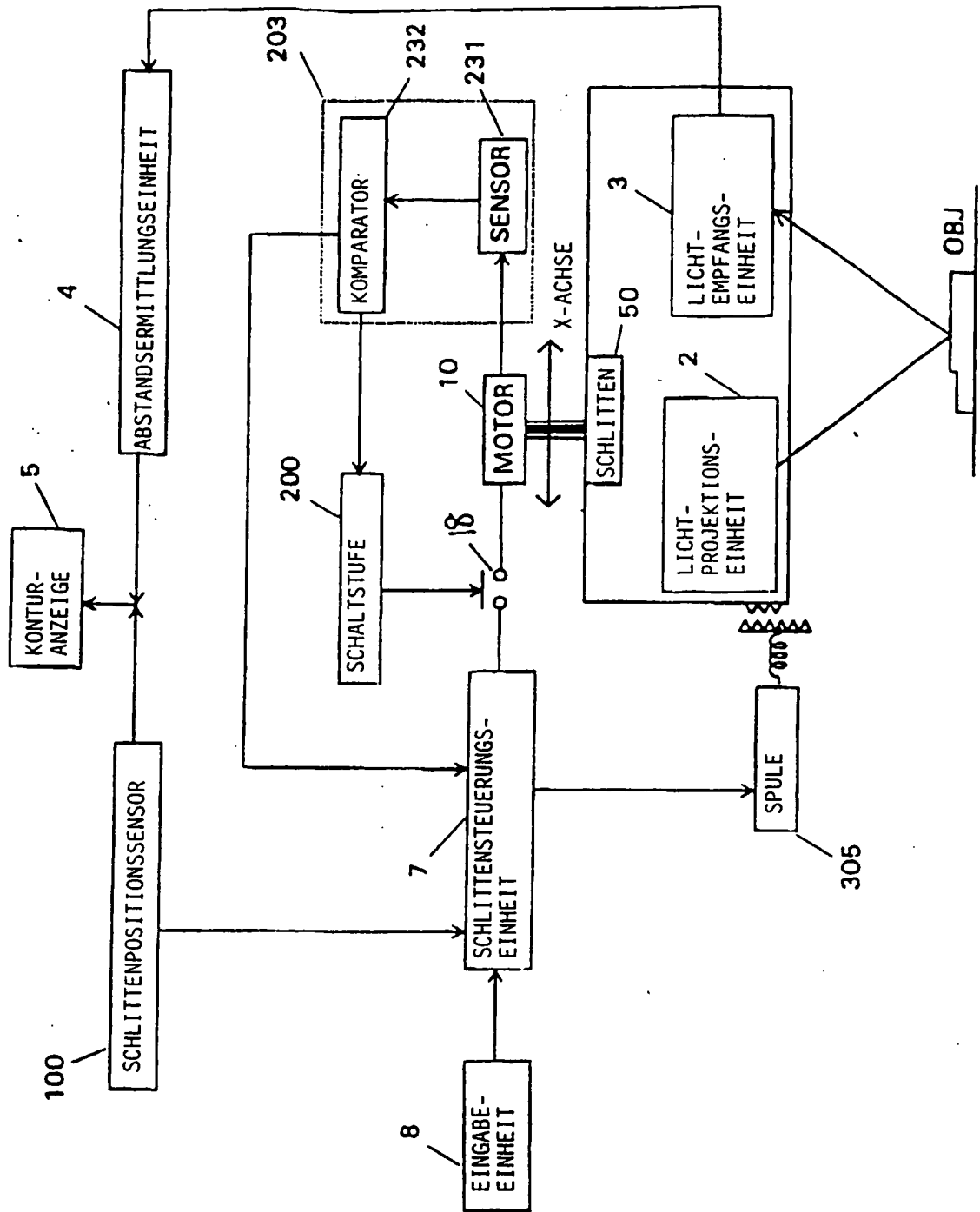


FIG. 12

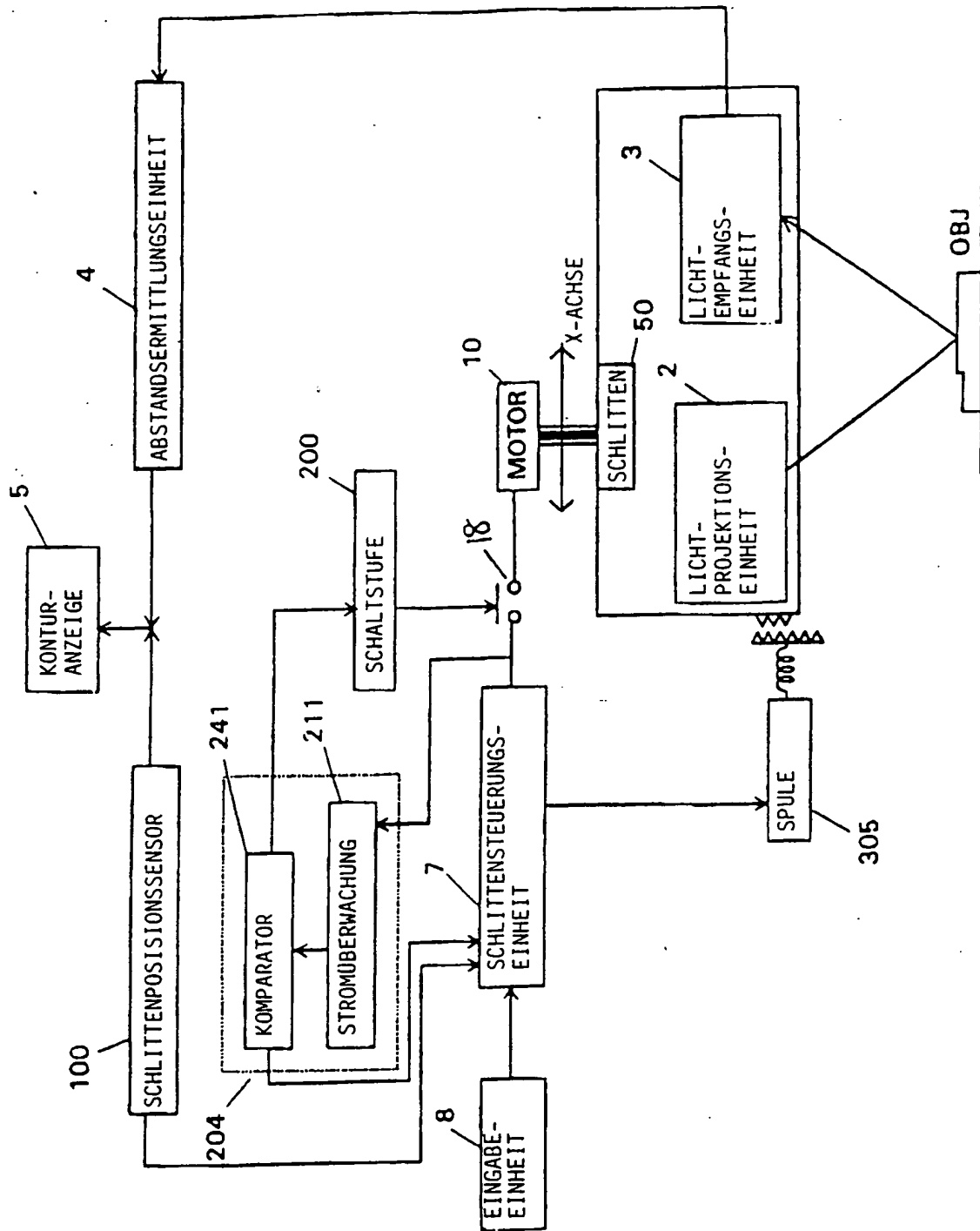


FIG. 13

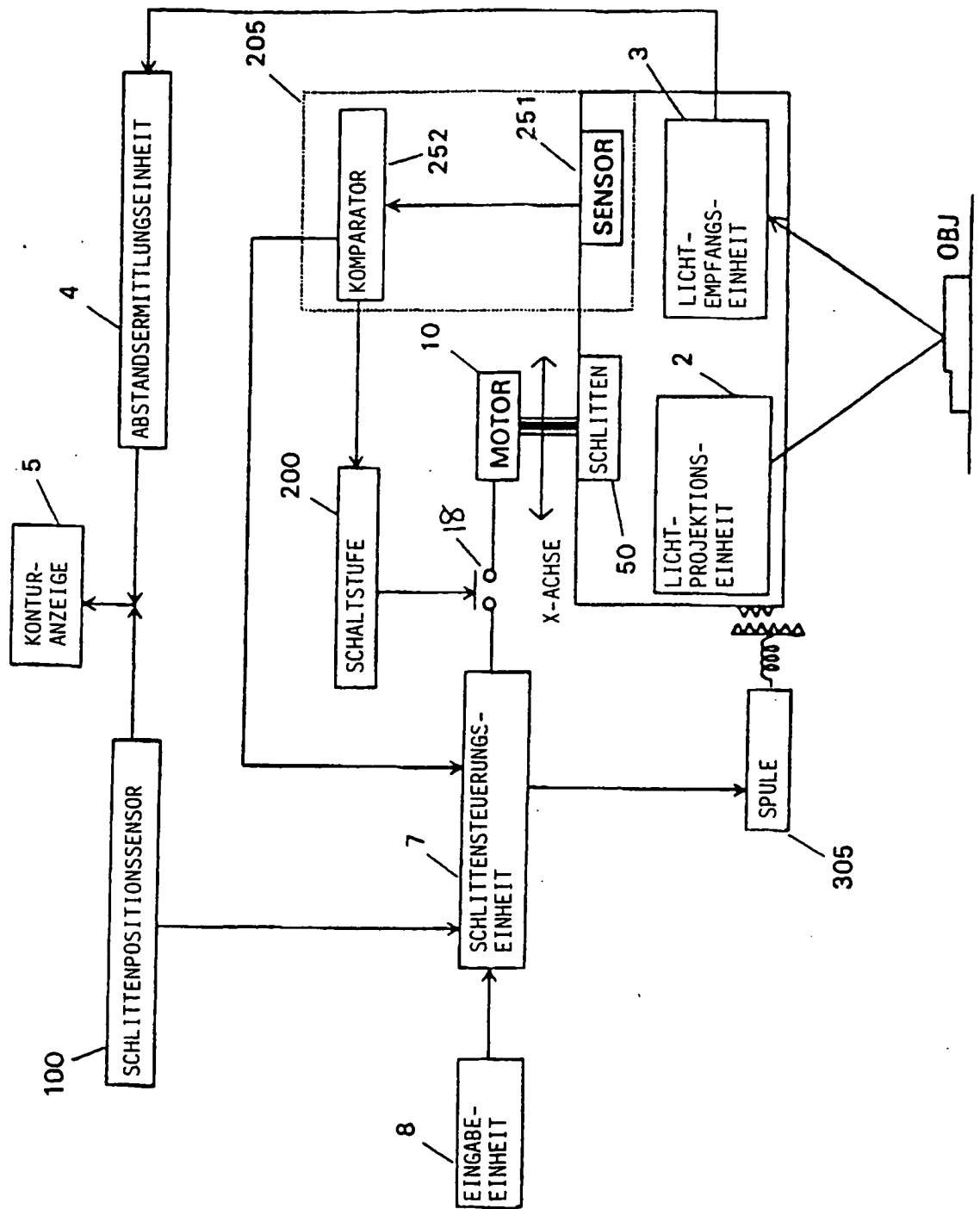


FIG. 14

FIG. 15

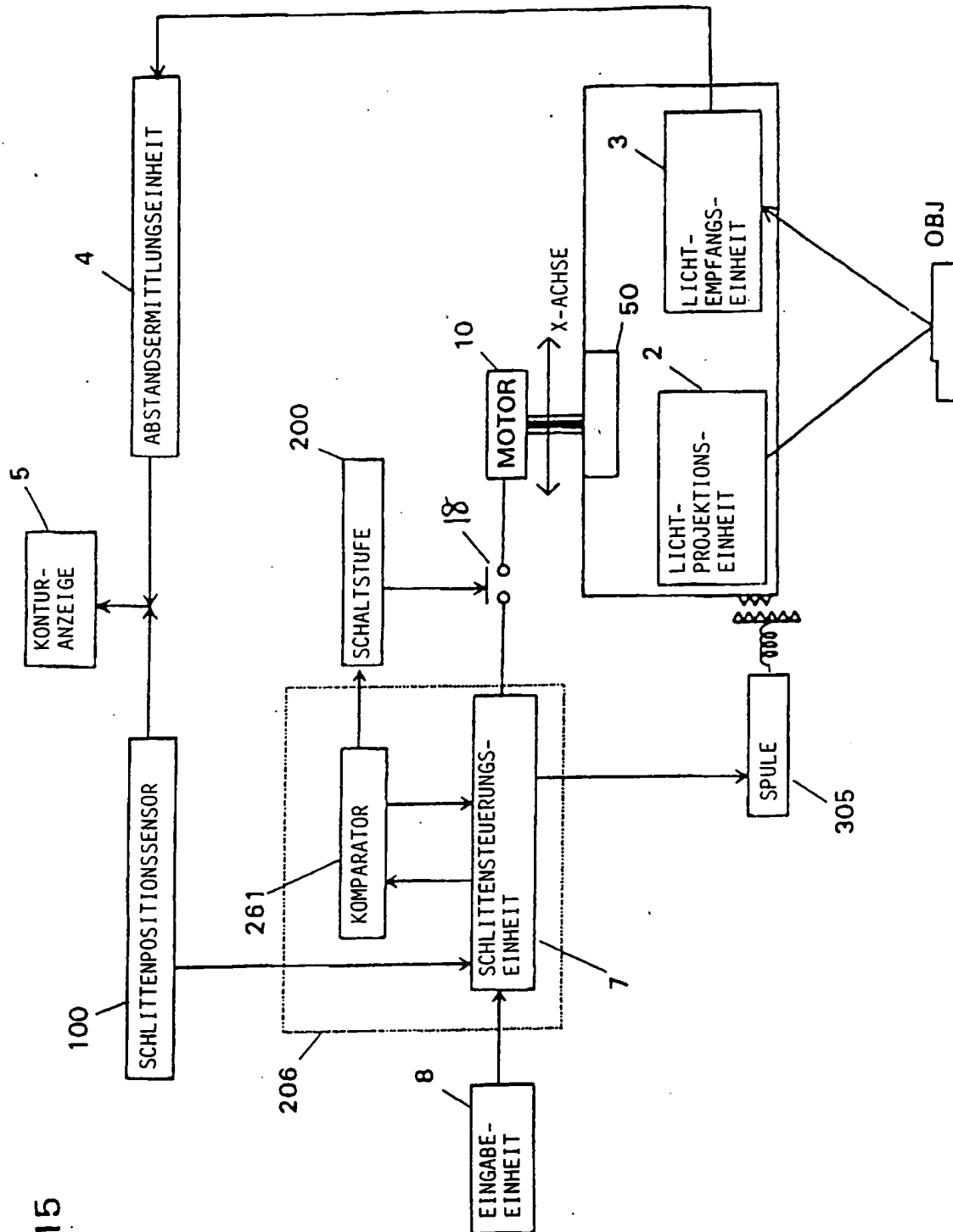


FIG. 16

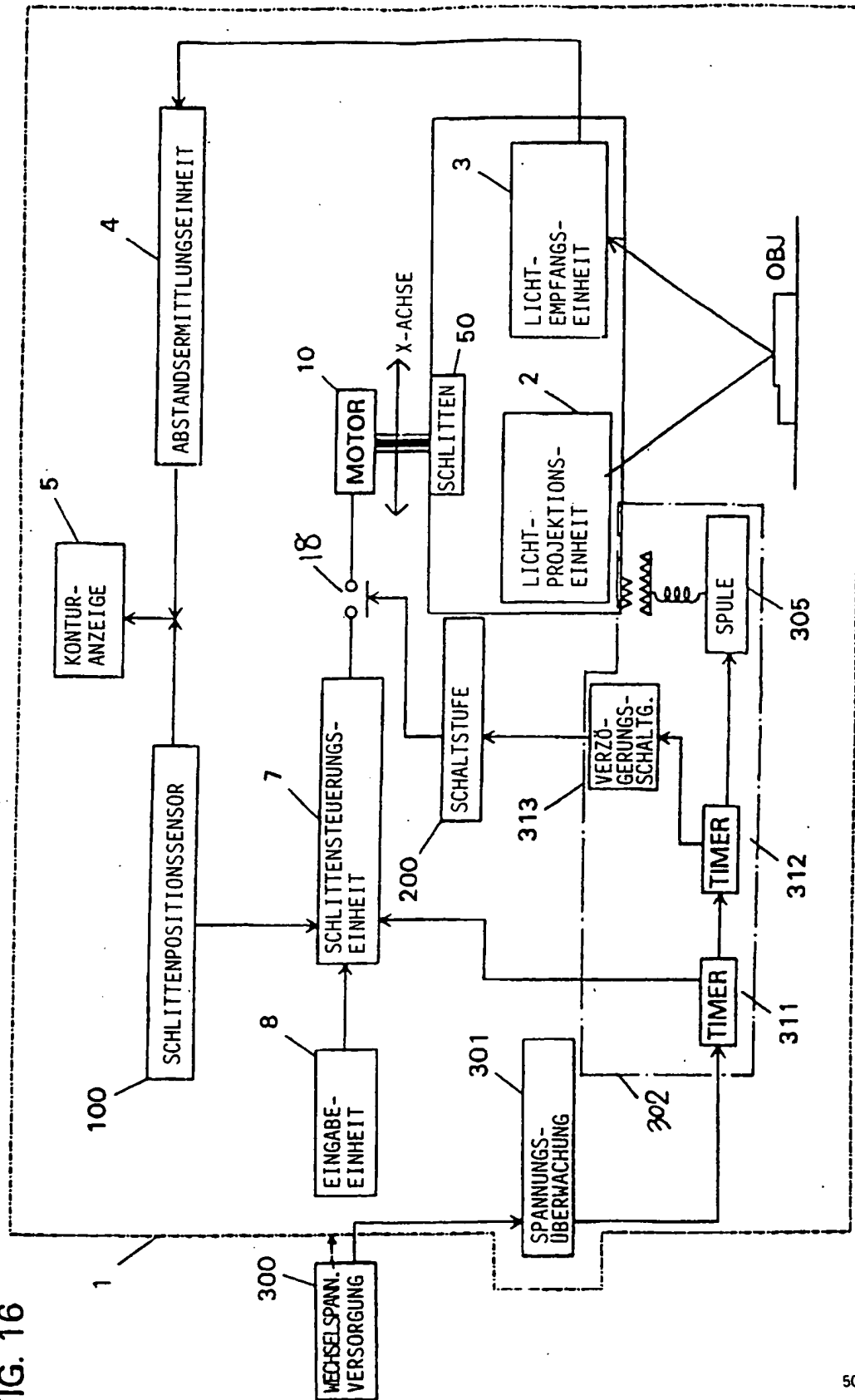


FIG. 17

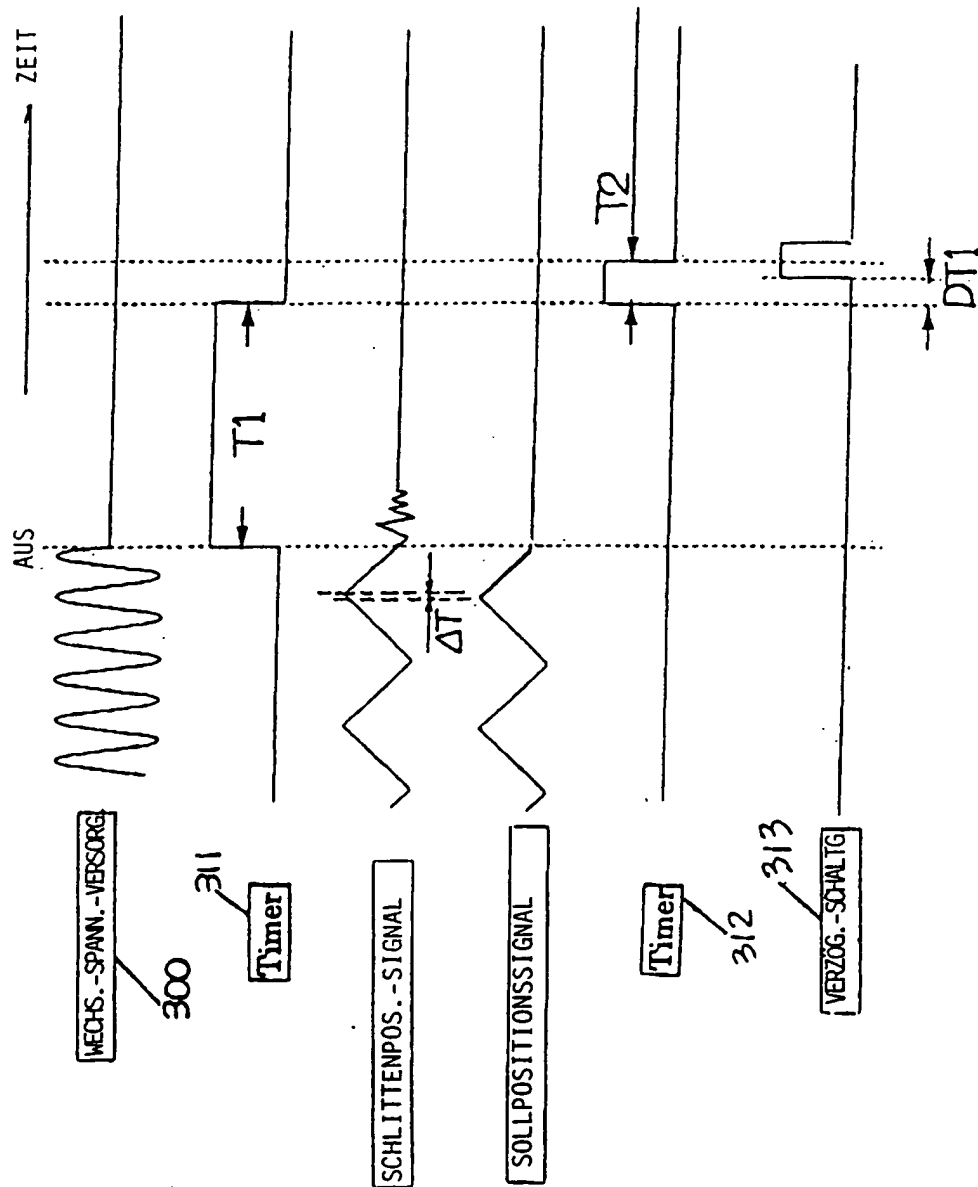
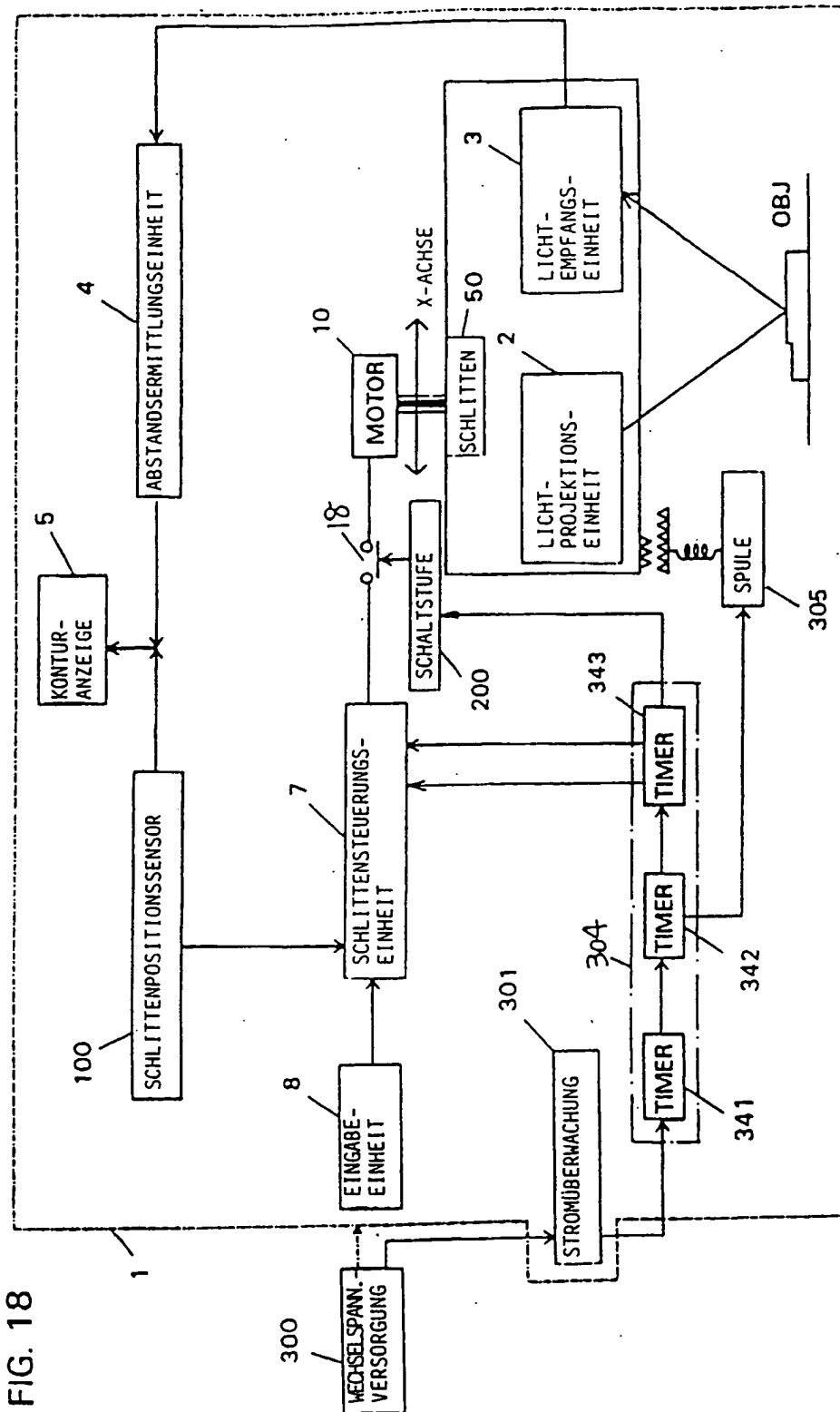
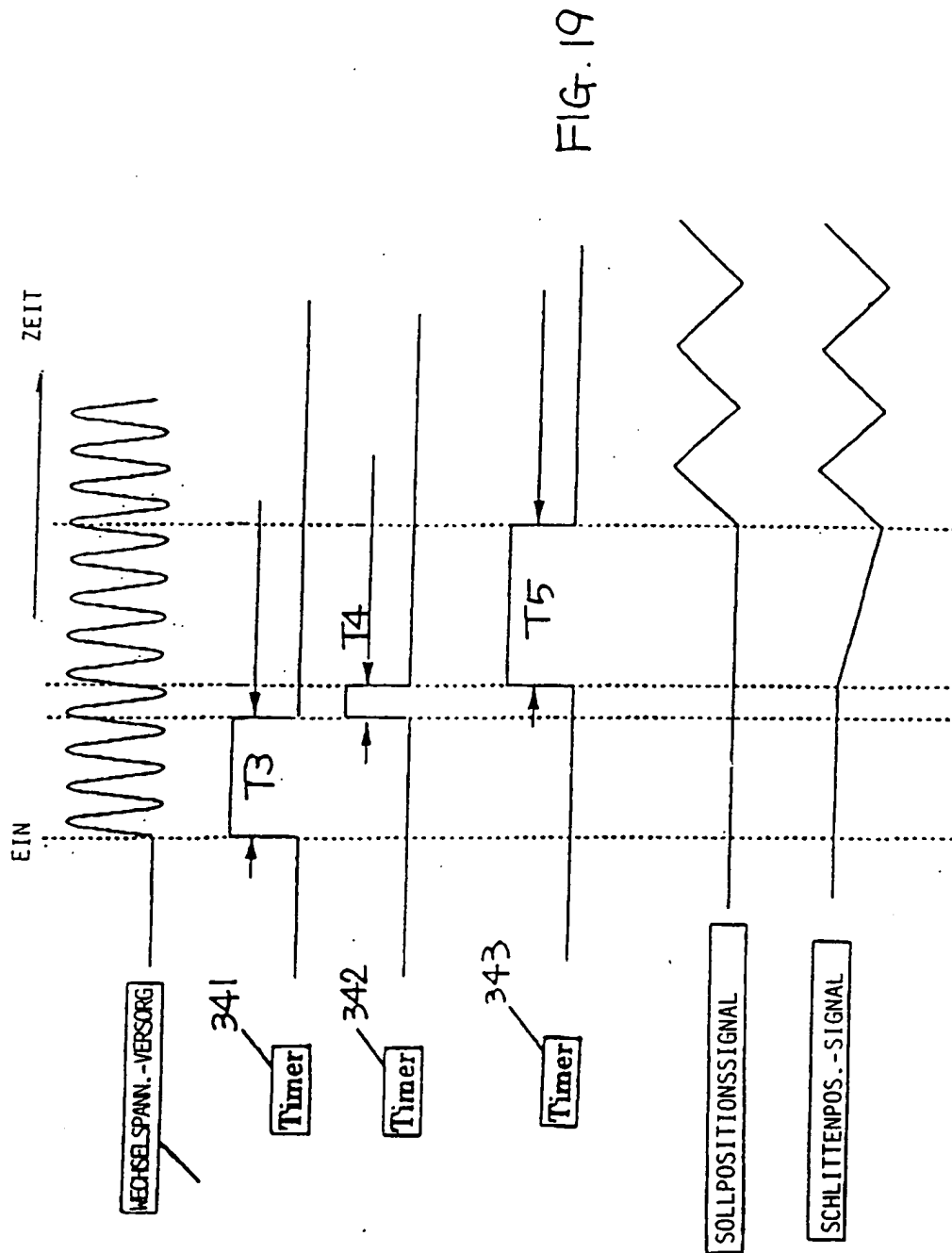


FIG. 18







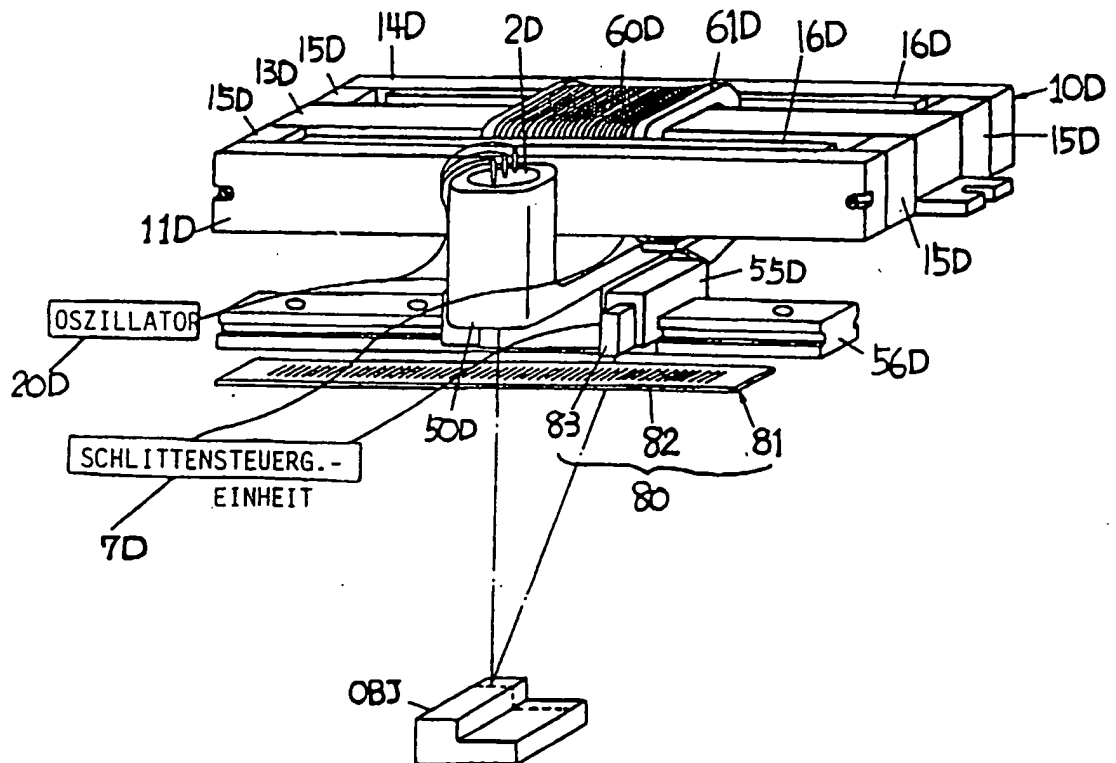
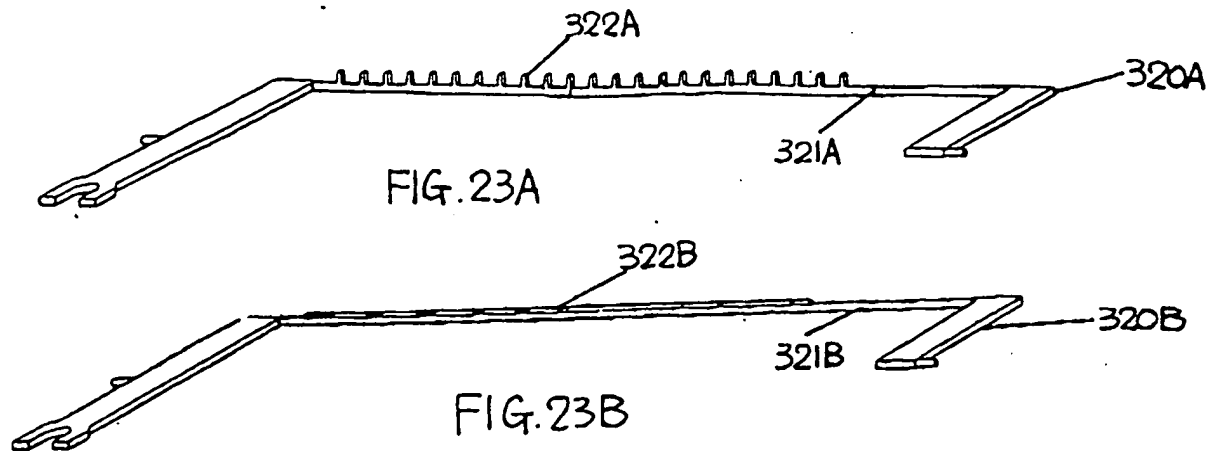


FIG. 24

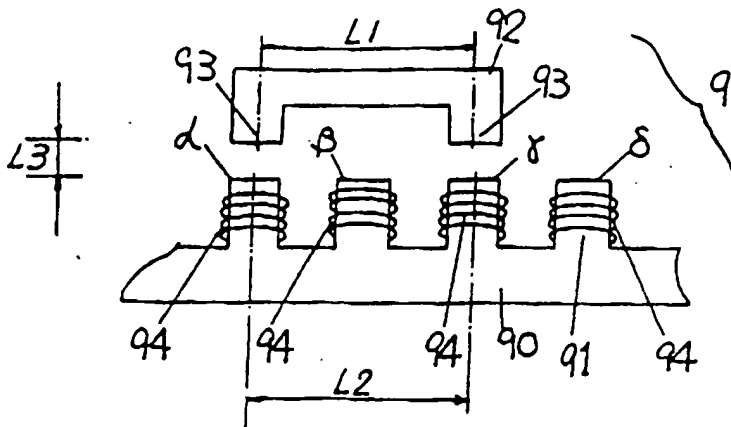


FIG. 25

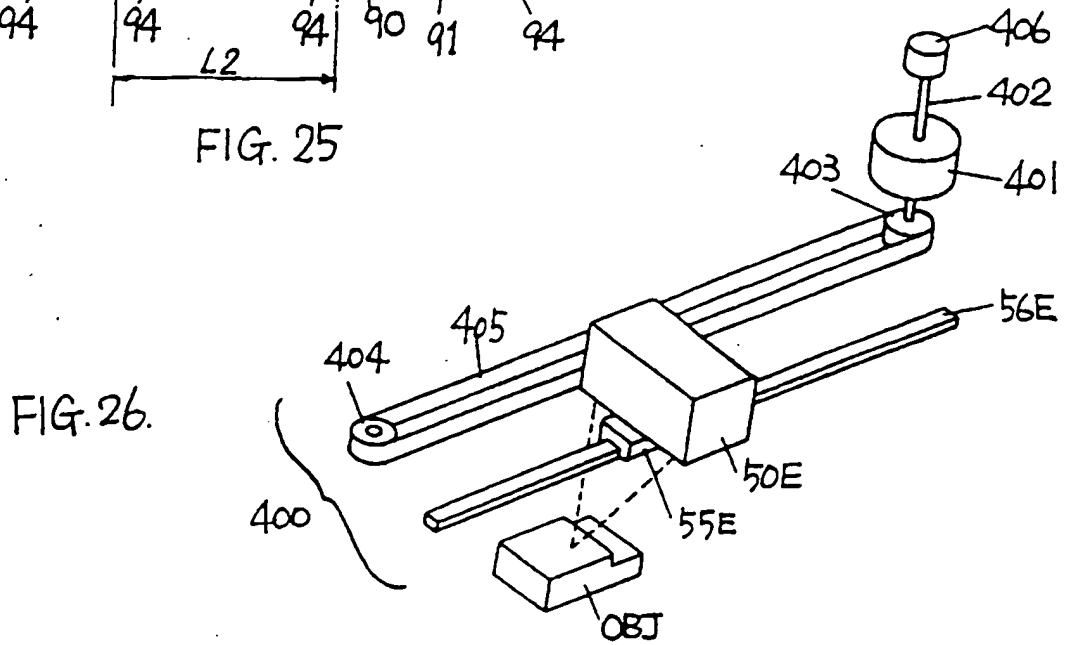


FIG. 26.

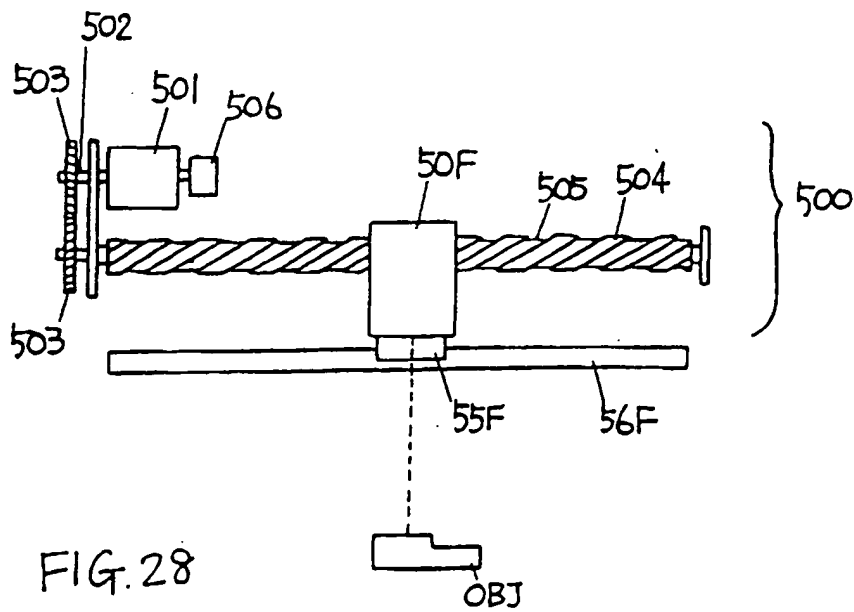


FIG. 28

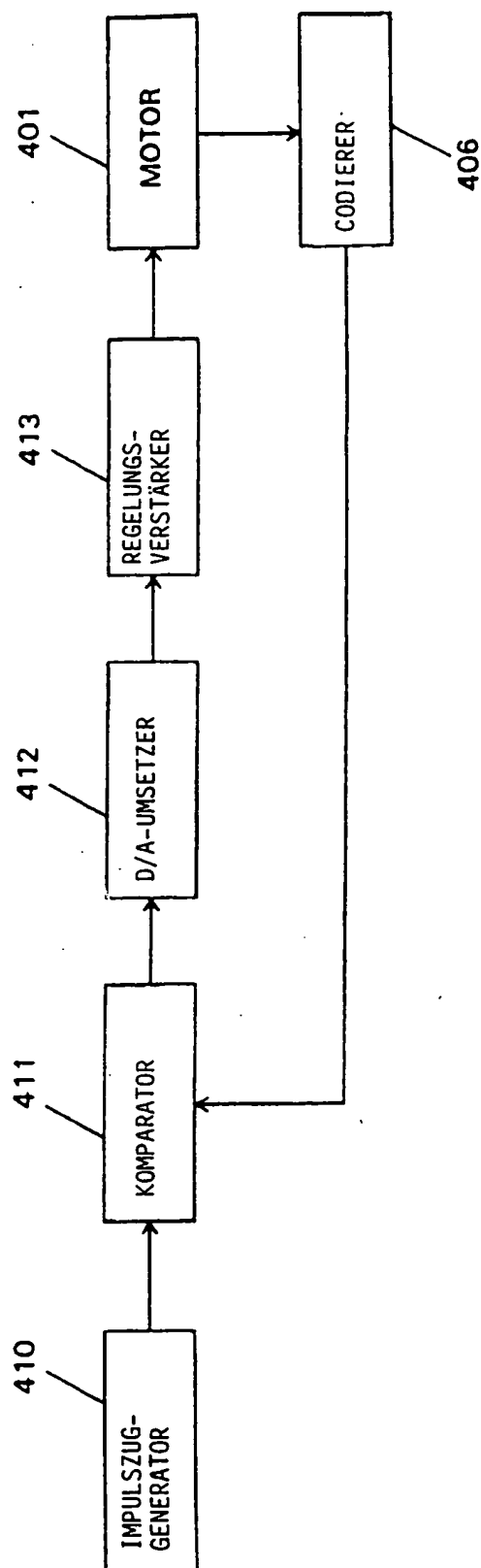
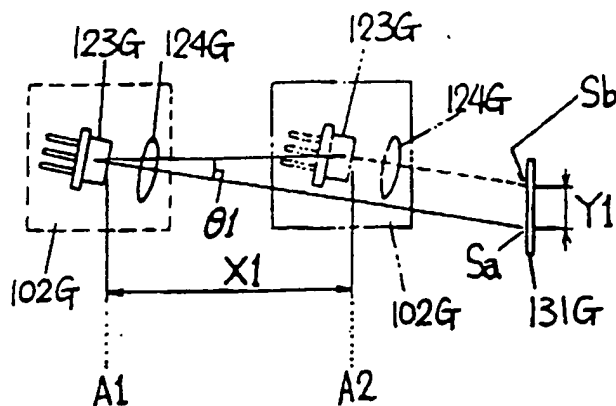
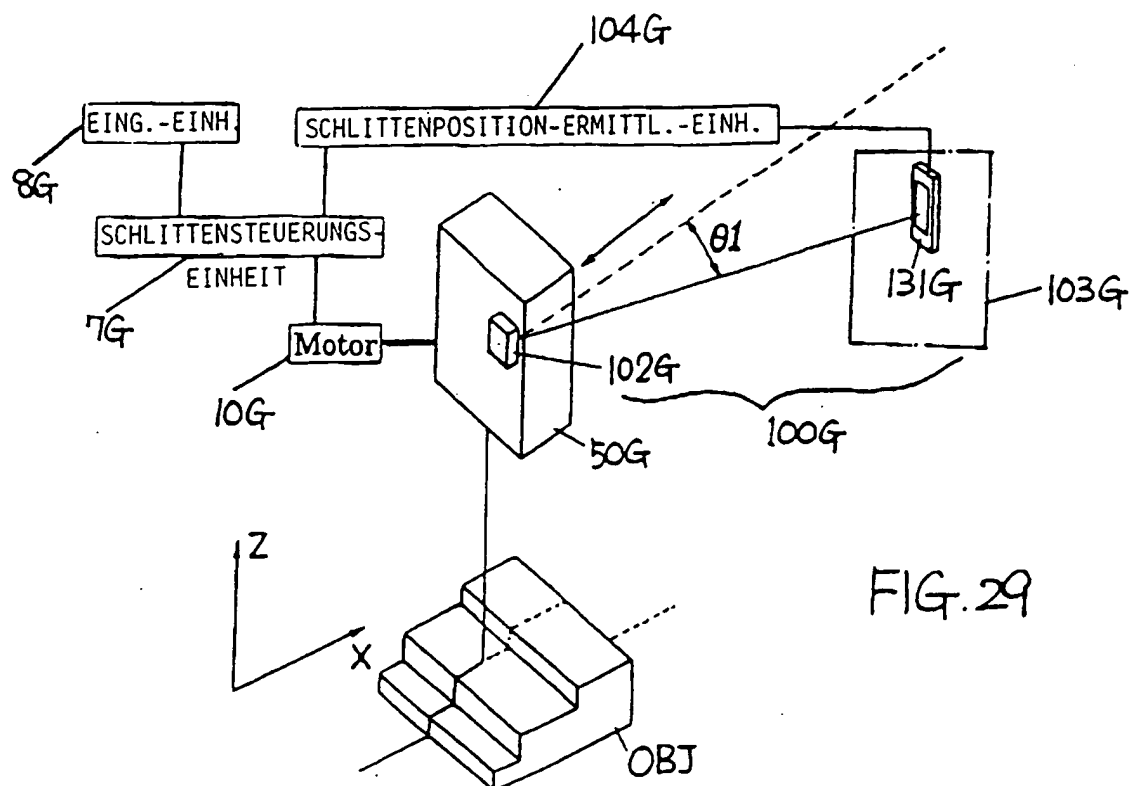


FIG. 27



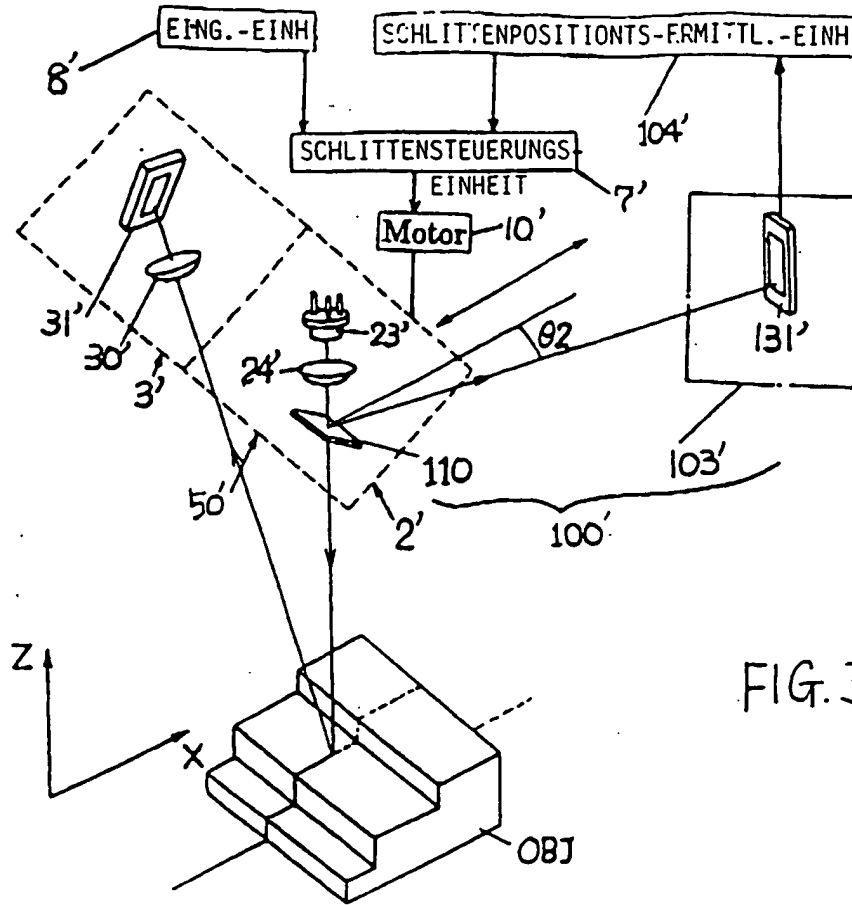


FIG. 31

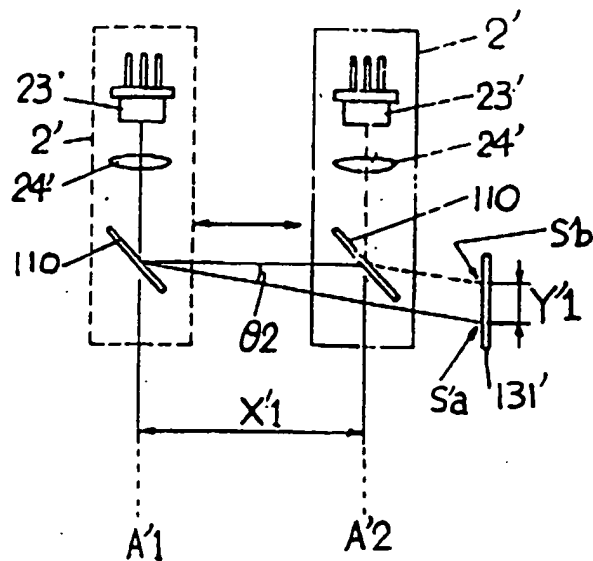


FIG. 32

FIG. 33

